



ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY PRÁCE NA MONTÁŽNÍ LINCE ZADNÍCH NÁPRAV VE FIRMĚ ŠKODA AUTO A.S. MLADÁ BOLESLAV

Bakalářská práce

Studijní

program:

B2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor:

2301R000 – Strojní inženýrství

Autor práce:

Roman Knížek

Vedoucí práce:

doc. Dr. Ing. František Manlig





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

INCREASE IN WORK PRODUCTIVITY AT ASSEMBLY LINE OF REAR AXLES IN ŠKODA AUTO A.S. MLADÁ BOLESLAV

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Roman Knížek**
Supervisor: doc. Dr. Ing. František Manlig



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Roman K N Í Ž E K

Studijní program

B2301 Strojní inženýrství

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Zvýšení produktivity práce na montážní lince zadních náprav ve firmě Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

Cílem bakalářské práce je na základě analýzy stávající montážní linky navrhnout opatření na zvýšení její produktivity. Při zpracování bakalářské práce je vhodné využít standardní postup zpracování projektů (např. strukturovaný přístup k řešení projektů – cyklus DMAIC) a nástroje pro analýzy a zlepšování procesů (zejména Line balancing).

Doporučený postup řešení:

1. Úvod do problematiky zlepšování výrobních procesů (např. trendy v oblasti výrobních systémů, lean techniky, vyvažování linek,...).
2. Analýza činností na stávající montážní lince (jednotlivé operace, přetypování, logistika), odhalení rezerv.
3. Návrhy opatření na zvýšení produktivity práce.
4. Vyhodnocení zlepšovacích návrhů, porovnání se současným stavem.
5. Závěr a zhodnocení práce.



Forma zpracování bakalářské práce:

Rozsah průvodní zprávy 40 - 50 stran textu včetně příloh, rozsah grafických prací dle potřeby.

Seznam literatury (uved'te doporučenou odbornou literaturu):

[1] Liker, J.: Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007, s. 390. ISBN 978-80-7261-173-7

[2] Warnecke, H.-J., et al.: Fraktálový podnik. Bratislava: Slovenské centrum produktivity, 2000, s. 208. ISBN 80-968324-1-7

[3] Sixta, J. - Mačát, V.: Logistika. Brno: CP Books a.s., 2005, s. 315. ISBN 80-251-0573-3

[4] Košturiak, J. a Frolík, Z. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006, ISBN 80-86851-38-9.

[5] Tuzemské a zahraniční časopisy

[6] Elektronická databáze článků ProQuest (knihovna.tul.cz)

[7] IPA slovník (www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník)

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. František Manlig

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jan Vavruška – katedra výrobních systémů



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

V Liberci dne 15. března 2014

Platnost zadání bakalářské práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ).
Termíny odevzdání bakalářské práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá analýzou výrobního procesu montážní linky zadních náprav ve ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav. V teoretické části jsou popsány principy a nástroje štíhlé výroby. Praktická část byla vypracována dle metodiky DMAIC s cílem zvýšit produktivitu práce. Vybancováním montážní linky bylo dosaženo stavu, který umožňuje naplnění plánovaného cíle výroby vozů ve ŠKODA AUTO a.s. v roce 2016.

KLÍČOVÁ SLOVA: štíhlá výroba, produktivita, balancování linky, plýtvání

ANNOTATION

Bachelor's thesis is occupied with analysis of production process at assembly line of rear axles in ŠKODA AUTO a.s. MLADÁ BOLESLAV. In theoretical part are described principles and tools of lean manufacturing. Practical part is prepared according to DMAIC methodology. By improvement of assembly line has been reached the state, which makes realization of planned targets of car production in ŠKODA AUTO a.s. in year 2016 possible.

KEY WORDS: lean manufacturing, productivity, line balancing, wasting

OBSAH

Seznam zkratk	9
Úvod.....	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1 Štíhlá výroba	12
1.1.1 Nástroje štíhlé výroby	13
1.1.2 Další koncepty	16
1.2 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)	17
1.3 Analýza práce.....	18
1.4 Měření práce.....	18
1.4.1 Přímé měření.....	19
1.4.2 Nepřímé měření	19
1.5 Identifikace pasivních prvků v logistice	22
2 PRAKTICKÁ ČÁST	23
2.1 Popis chodu linky	23
2.2 Popis jednotlivých pracovních operací	25
2.2.1 Lisování pružných lůžek, operace č. 10.....	25
2.2.2 Automatické nakládání, operace č. 20	26
2.2.3 Přichycení nápravnice, operace č. 30.....	27
2.2.4 Montáž štítu brzdy a čepu kola, operace č. 40	28
2.2.5 Utažení čepu kola, operace č. 50	28
2.2.6 Náhradní technologie zatažení čepu kola, operace č. 60	29
2.2.7 Lisování ložiska kola, operace č. 70	29
2.2.8 Montáž konzoly, operace č. 80	30
2.2.9 Zatažení centrální matice nebo šroubu, operace č. 90	31
2.2.10 Náhradní technologie zatažení centrální matice, o. č. 100	31

2.2.11	Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče, operace č. 110	32
2.2.12	Montáž brzdového třmenu, operace č. 120.....	32
2.2.13	Montáž brzdového bubnu a lan, operace č. 130	32
2.2.14	Kontrola funkce snímače ABS, operace č. 140	33
2.2.15	Náhradní technologie snímače ABS, operace č. 150.....	33
2.2.16	Montáž brzd. tlakového vedení a brzd. systému, o. č. 160.....	33
2.2.17	Montáž LWR senzoru, operace č. 170	33
2.2.18	Montáž krytky a fixace brzdového lana, operace č. 180	33
2.2.19	Kontrolní stanoviště, operace č. 190	34
2.2.20	Načtení a svěšení nápravy, operace č. 200	34
2.3	Identifikace problému, definice cíle.....	35
2.4	Měření	35
2.4.1	Naměřené hodnoty	36
2.5	Analýza problémů	41
2.6	Návrhy na zlepšení	42
2.7	Zhodnocení navržených opatření	48
Závěr		52
Seznam použitých zdrojů		53
Seznam tabulek		55
Seznam obrázků		56
Seznam grafů.....		56

SEZNAM ZKRATEK

DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control (definovat, měřit, analyzovat, zlepšovat, kontrolovat a ověřovat)
DPMO	Defects Per Million Opportunities (počet vad na milión příležitostí)
EAN	European Article Numbering
GLT	Grosse Ladungs Träger (velké přepravní balení)
HDP	hrubý domácí produkt
KLТ	Klein Ladungs Träger (malé přepravní balení)
ML	montážní linka
MOST	Maynart Operation Sequence Technigue (Maynardův operační systém předem stanovených časů)
MP	montážní paleta
MTM	Methods Time Measurement
MV	montážní výlep
NT	náhradní technologie
o. č.	operace číslo
OV	operátor výroby
PP	přepravní paleta
RFID	Radiofrekvenční identifikace
TMU	Time Measure Units
TOC	Theory of Constraints (teorie omezení)
TT	Tact Time (čas taktu)
UAS	Universelles Analysier System
UPC	Universal Product Code

USD	Unified Standard Data
VZV	vysokozdvížený vozík
ZN	zadní náprava, zadní nápravnice

ÚVOD

Úspěch dnešních firem spočívá v umění vyrábět stále více výrobků za co nejnižší náklady a zároveň zaručit jejich vysokou úroveň kvality. Být konkurence schopný na trhu není jednoduché. Firmy rozvíjejí různé metody štihlé výroby, mění své myšlení a do řešení problémů se snaží zapojit všechny své zaměstnance. Během mého diplomantského pobytu na montážní lince zadních náprav ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav jsem si všiml několika slabších míst, po jejichž odstranění by došlo k zefektivnění výroby. Cílem předkládané práce je tedy zvýšení produktivity na zmíněné montážní lince.

V teoretické části jsou popsány principy štihlé výroby a její nástroje, prostřednictvím kterých se snaží dosáhnout svých záměrů. Dále jsou porovnány přístupy Lean, Six Sigma a Teorie omezení (TOC), které se štihlou výrobou velmi úzce souvisejí. Důležitá je také kapitola věnující se metodice DMAIC, podle které byla zpracovávána praktická část. Taktéž je řešena problematika analýzy a přímého i nepřímého měření práce. Okrajově je vysvětlen systém radiofrekvenční identifikace (RFID) pasivních prvků v logistice. Stěžejní publikací pro vznik této části práce byla kniha Štíhlý a inovativní podnik od Košturiaka, Frolíka a kolektivu (2006).

Vlastním projektem se zabývám v druhé části práce. Analýza současného stavu seznamuje čtenáře s chodem montážní linky a pracovní náplní jednotlivých operací, z kterých linka sestává. S pomocí metody chronometráže jsou vyhodnocena úzká místa, kterým je při navrhování možných opatření na zefektivnění procesů věnována zvýšená pozornost. Předmětem poslední kapitoly jsou zhodnocení navržených opatření a porovnání současného stavu se stavem po optimalizaci.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba (též lean production, lean manufacturing) je způsob myšlení, který souvisí s neustálým zvyšováním výkonnosti firmy. Jde především o to, aby podnik dokázal být konkurenceschopný, vyprodukoval více, spotřeboval méně času či minimalizoval činnosti, které nezvyšují hodnotu výrobku, ale jsou pouhým plýtváním. Štíhlá výroba však nelze chápat jako synonymum šetření, neboť jde především o maximalizaci přidané hodnoty pro zákazníka. Cílem je vydělat více peněz, rychleji a s menším úsilím. Zefektivnění výroby také úzce souvisí s optimalizací vývoje, logistikou a administrativou.

Všechno (aktivita, činnost, proces), co zvyšuje náklady výrobku nebo služby aniž by zvyšovalo jejich hodnotu, označujeme jako plýtvání. Plýtváním jsou bezpochyby krátkodobé skladování, nošení součástek, zbytečná manipulace, komplikovaná přeprava, počítání dílů či jejich zadávání do počítače, pozorování chodu stroje či čekání na skončení jeho cyklu, nadvýroba, hromadění zásob, čekání na materiál, zmetky a jejich odstraňování, poruchy, hledání nástrojů, nedostatek komponentů na montáž a další.

O kvalitě, množství, termínu a ceně výrobku rozhoduje vždy zákazník. Mnohé podniky sice dokážou splnit jeho přání, ale jen ty, které jsou štíhlé, se vyvarují zbytečného plýtvání. To vede ke spokojenosti nejen zákazníka, akcionářů podniku, ale také jeho zaměstnanců [1].

Tempo, kterým zákazník odeberá daný výrobek nebo službu označujeme jako **čas taktu (Tact Time, TT)**. Tento čas snadno vypočítáme, vydělíme-li čistý dostupný pracovní čas na den celkovým denním požadavkem zákazníka. Štíhlá výroba si klade za cíl, aby se TT rovnal času cyklu, tedy času jednoho opakování skupiny operací [2].

K dosahování cílů štíhlé výroby byla vytvořena celá řada nástrojů, které lze podle jejich zaměření rozdělit na nástroje pro identifikaci plýtvání a nástroje k eliminaci plýtvání [3].

1.1.1 Nástroje štíhlé výroby

A) Pro identifikaci plýtvání

K snadnější identifikaci plýtvání nám mohou pomoci například nástroj VSM, procesní analýza nebo snímek pracovního dne.

VSM (Value Stream Mapping) je synonymem pro **mapování hodnotového toku**, které spočívá v grafickém znázornění a popisu stávajícího procesu s cílem navrhnout stav budoucí. Hodnota z hlediska štíhlé výroby je to, za co je zákazník ochoten zaplatit. VSM identifikuje plýtvání v celém hodnotovém toku, informuje o velikosti a počtu skladů a meziskladů, umožňuje identifikovat úzká místa, jejichž vybalancováním dojde k obrovskému zlepšení. VA – index (Value Added Index Time) získaný poměrem časů, které přidávají hodnotu k časům, které ji nepřidávají, je výstupem VSM [2, 3].

Procesní analýza se zaměřuje na popis účinnosti a výkonnosti operací obsahujících větší podíl přesunu, čekání a překážek. Ve srovnání s VSM se podrobněji zabývá plýtváním ve formě zbytečné manipulace. Výstupem je procesní diagram znázorňující sled aktivit: operace, čekání, kontrola, skladování a transport. Její využití nalezneme především při optimalizaci materiálových toků a layoutů jednotlivých pracovišť [3].

Snímek pracovního dne není oproti VSM a procesní analýze zaměřen na celý materiálový tok, ale již cíleně na jednotlivá pracoviště. Proto bývá často v praxi nejprve pomocí VSM vytipováno úzké místo, které je poté podrobeno detailnějšímu sledování, tedy snímkování. Výstupem nepřetržitého pozorování konkrétního pracovníka během celé směny a zaznamenávání veškeré spotřeby pracovního času je koláčový graf, který rozděluje veškeré činnosti na činnosti přidávající hodnotu a činnosti nepřidávající hodnotu – plýtvání. Graf je vhodným podkladem k vytvoření optimalizace [3].

B) Pro eliminaci plýtvání

Nástrojů pro eliminaci plýtvání existuje celá řada. Podrobněji však budou popsány jen Metoda 5S, TPM, SMED a Poka-Yoke [3].

Metoda 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)

Metoda 5S má své kořeny v Japonsku ve firmě Toyota. Její název byl odvozen z počátečních písmen pěti jednoduchých pravidel, na kterých byla založena. Těmito zásadami jsou: Seiri (separovat), Seiton (systematizovat), Seiso (stále čistit), Seiketsu (standardizovat) a Shitsuke (sebedisciplinovanost, zlepšování).

V prvním kroku zvaném **Seiri** rozdělujeme položky na tři kategorie, a to na ty, které na pracovišti musí být, které mohou být odstraněny umístěním na výhodnější skladovací místo a které musí být odstraněny. Během tohoto třídění vycházíme z Paretovy klasifikace, dle které jsou položky používané denně označené písmenem „A“, týdně nebo měsíčně písmenem „B“ a položky používané výjimečně písmenem „C“.

Cílem druhého kroku, **Seiton**, je umístit položky vytríděné v prvním kroku tak, aby je každý pracovník mohl snadno uchopit, použít a vrátit na původní místo. Vhodné místo k umístění položky volíme z hlediska frekvence jejího používání, abychom se vyvarovali plýtvání nadbytečným pohybem. Nakonec místo přehledně označíme a stanovíme jeho kapacitu.

Předmětem třetího kroku, **Seiso**, jsou pracoviště, která je nutno pravidelně čistit. Je nezbytné definovat, co je třeba čistit, kdo to bude vykonávat, kdy a jak často a také jakými prostředky. Prioritou je vyhledávat zdroj znečištění a pokusit se o jeho odstranění. Čistění lze také považovat za formu kontroly.

Seiketsu je čtvrtým krokem, v němž mají být přijata opatření, stanovená v předchozích 3S, jako běžná pravidla, standardy. Pomáhá také překonat přirozenou tendenci vracet se ke starým zvykům.

V rámci posledního kroku, **Shitsuke**, se snažíme zlepšit současný stav realizováním pravidelných auditů a doplňujících školení. Důraz je kladen na budování smyslu pro pořádek, přesnost a preciznost u pracovníků [2, 3].

Zavedením této metody vizualizujeme a redukuje plýtvání, které je na pracovišti zastoupeno většinou ve velkém množství. Vizualizací ve skladu pomocí žlutých kartiček 5S udávajících druh položky a jeho množství a vytvořením standardů zamezíme plýtvání vzniklé hledáním materiálu, čímž v celkovém důsledku dosáhneme zlepšení materiálového toku. Čistota a přehlednost pracoviště také zlepšuje jeho kvalitu a bezpečnost. Zapojením všech zúčastněných pracovníků

do procesu zlepšování docílíme mimo jiné jejich pocitu větší sounáležitosti, změny postojů, což celkově povede ke zlepšení pracovní atmosféry [4].

TPM (Total Productive Maintenance)

Další z řady metodik průmyslového inženýrství je TPM. Často se můžeme setkat s překladem „totálně produktivní údržba“. Košturiak, Frolík a kolektiv by raději zavedli pojem „totálně produktivní péče o zařízení“, neboť se jedná o problematiku zasahující nejen personál údržby, ale také výrobní pracovníky [1, 2].

Cílem je dosáhnout zefektivnění strojů dosahováním jejich nulových neplánovaných prostojů (přerušení výroby), nulových ztrát jejich rychlosti a nulových vad způsobených jejich stavem. Dále je třeba pomocí různých typů údržby (plánovaná, preventivní a autonomní) zvýšit životnost nástrojů, strojů i zařízení a předcházet tak jejich poruchám, které představují zbytečné náklady [5,6].

Za roční údržbu strojů firmy nechávají (5 – 10) % jejich obratu. V průmyslově vyspělých státech náklady na údržbu výrobních zařízení představují (12 – 15) % HDP [2].

SMED (Single Minute Exchange of Dies)

Vhodnou metodikou k eliminaci plýtvání je také SMED, jejímž cílem je v případě přestavení výrobního procesu z aktuálního produktu na připravovaný produkt získat čas přetypování pod deset minut, tedy na jednociferné číslo (single minute). Zrychlení tohoto procesu je důležité, aby výroba zlevnila a zvýšila se flexibilita.

Postup přetypování spočívá v přesunu co nejvíce interních činností (aktivity vykonávané, když je stroj v klidu) do externích (aktivity vykonávané během chodu stroje). Jako nejčastěji eliminované či přesouvané interní činnosti do externích můžeme uvést čas hledání (nástrojů, materiálu), čas čekání (na jeřáb, paletu, vozík), čas chůze (pro nástroje) a čas nastavení (nástrojů, měřidel) [2, 3]

Poka-Yoke

Stějně jako metoda 5S, také Poka-Yoke vznikla v japonské Toyotě. Poka v doslovném překladu znamená neúmyslnou chybu či opomenutí, Yoke vyhnout

se. Chybovat je sice lidské, ale tato metodika nepřipouští vyrábět ani malý počet vadných výrobků.

Nejčastěji se jedná o chyby způsobené zapomnětlivostí, nedorozuměním, záměnou nebo pomalostí. Důsledkem může být vynechaná montážní operace, vadná montáž, nesprávné zakládání kusu, chybějící díly, špatné díly, zpracování špatného kusu, nesprávné provedení operace, nenastavené či neseřazené zařízení, nedotažený či uvolněný díl, případně neprávne připravené nástroje a přípravky.

Právě pro tyto případy byla vytvořena zařízení Poka-Yoke, která jsou jednoduchá a levná. Jsou součástí pracovního procesu, umístěna, co nejbližší místa vzniku chyby, aby dávala rychlou zpětnou vazbu dělníkovi. Vzniklá chyba může být okamžitě opravena. Za zařízení Poka-Yoka považujeme také zařízení, která znemožňují pokračování procesu, dokud nejsou splněny požadované podmínky [2, 3, 7].

1.1.2 Další koncepty

Z mnohých konceptů aplikovaných v podnicích v posledních letech mají ke štíhlé výrobě velmi blízko přístupy Lean, Six Sigma a TOC (Theory of Constraints, Teorie omezení). Společnou myšlenkou všech tří přístupů je nahlížet na podnik očima zákazníka a při minimálních nákladech splnit jeho požadavky [1].

Lean usiluje o systematickou eliminaci plýtvání a maximalizaci přidané hodnoty. Zjednodušeně řečeno se snaží maximalizovat rychlost vydělávání peněz.

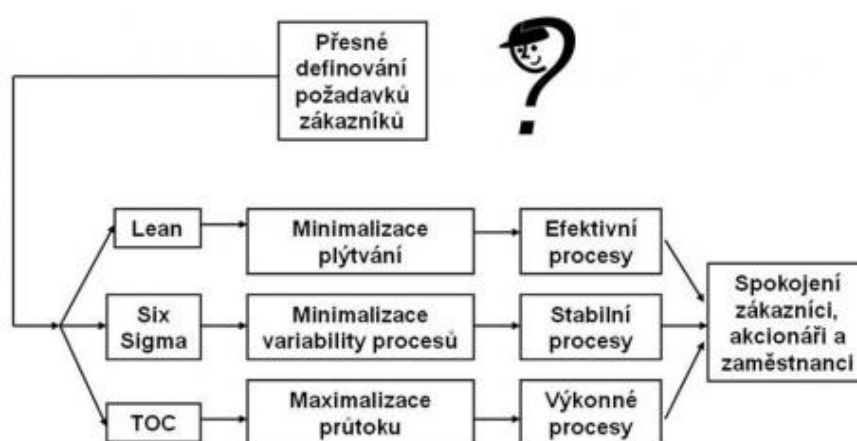
Six sigma je filosofie řízení procesu, která vede k účinnému řešení problému. Od roku 1986, kdy byla vytvořena společností Motorola, již ušetřila miliardy dolarů v mnohých odvětvích průmyslu.

Zaměřuje se na systematickou redukci variability procesů a zvyšování jejich výtěžnosti. Poskytuje propracované řízení projektů změn a systém řešení problémů DMAIC (viz kapitola 1.2).

Základní myšlenky, na kterých staví, jsou zlepšit vše, co není ideální, vyvarovat se chybám, neboť představují další zbytečné výdaje a porozumět procesům, aby mohly být zlepšeny.

Úroveň sigmy 6 ve statistickém konceptu DPMO (Defects Per Million Opportunities = Počet vad na milión příležitostí) odpovídá produkci 3,4 chyb na milión příležitostí. Tohoto cíle je dosahováno trvale, čili Six Sigma umožňuje produkovat výrobky nebo služby spolehlivě podle očekávání [1, 14].

TOC, neboli teorie omezení se zaměřuje na systematické vyhledávání úzkých míst v podniku, maximalizaci průtoku, minimalizaci zásob a provozních nákladů. Omezení (úzké místo) je místem s nejmenším průtokem, přičemž platí, že maximální průtok celé soustavy je určen maximálním průtokem úzkého místa. Průtok lze definovat jako přidaná hodnota vytvořená v procesu za jednotku času. Stejně jako lean usiluje o co nejrychlejší vydělávání peněz. Přináší propracovaný systém analýzy problémů a jejich příčin, řešení konfliktů, definování cílů a překážek, přípravy akčního plánu a projektu změny a systém neustálého zlepšování [1].



Obrázek 1: Srovnání přístupů Lean, Six Sigma a TOC [8]

1.2 DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

Zkratkou DMAIC rozumíme metodiku, s pomocí které lze dosáhnout zlepšení ve stávajícím výrobním procesu. Každé písmeno představuje jednu fázi. Ačkoliv jsou jednotlivé etapy popisovány zvlášť, vzájemně se prolínají.

Nejprve je třeba identifikovat problém a definovat cíle, kterých chceme dosáhnout. K tomu je vhodné vytvořit plán definující, jaké činnosti budeme zlepšovat, aby byl problém odstraněn. Tyto kroky jsou v metodice řazeny do úvodní fáze, tzv. **Define (definovat)**, která je pro celý proces zlepšování klíčová.

V následující etapě zvané **Measure (měřit)** se věnujeme měření procesů, které chceme zlepšovat, čili např. jejich časové náročnosti.

Třetí fázi **Analyze (analyzovat)** rozumíme analýzu příčin problémů. V druhé části této etapy se dále snažíme ověřit, zda měření v předchozí fázi skutečně vyjadřuje stav procesů, které jsme identifikovali jako problematické. Jedná se o část, která je z časového, ale i myšlenkového hlediska velice náročná.

Odstranění skutečné příčiny je cílem čtvrté fáze **Improve (zlepšovat)**. Přínos navrhovaných optimalizací je možné ověřit v pilotním testování, které pomůže odhalit také možné vedlejší důsledky.

Pokud se změny osvědčí, a je tedy díky nim dosaženo zlepšení, musíme je do procesů standardizovat. S novými postupy je samozřejmě třeba seznámit zaměstnance a přesvědčit se, zda je skutečně používají. To vše je předmětem poslední etapy **Control (kontrolovat a ověřovat)**, která bohužel není pro mnohé příliš lákavá, neboť na první pohled nejsou výsledky a vynaložené úsilí vidět či dokonce ukáže, že stanoveného zlepšení nebylo dosaženo. Časté opomíjení této fáze si můžeme vysvětlit jako důvod, proč spousta změn ve výrobě nepřináší dlouhodobý užitek [9, 10].

1.3 Analýza práce

Analýza je poměrně jednoduchým a zároveň velmi účinným nástrojem k stanovení nového optimálního pracovního postupu. Cílem je identifikovat plýtvání a neproduktivní činnosti a na základě toho zjednodušit vykonávanou práci. Klíčem k úspěchu je detailní sledování pracovního postupu, zapojení selského rozumu a neustálé uvažování o tom, zda je daná operace vykonávána tím nejlepším možným způsobem a není možné některé její úkony eliminovat, sloučit či zjednodušit.

K analýze byly vytvořeny nástroje, jako jsou například procesní analýzy a diagramy, špagetové diagramy či mapování toku hodnot. Vytvoření efektivně fungující analýzy souvisí také s měřením pracovních úkonů [11, 12].

1.4 Měření práce

Cílem měření práce je stanovení normy spotřeby času. Postupy, jak tohoto cíle dosáhnout můžeme rozdělit na přímé a nepřímé.

1.4.1 Přímé měření

Nejpoužívanější technikou přímého měření je měření s využitím stopek a zapisování hodnot do připravených formulářů. Jejich činnost mohou nahradit různá specializovaná zařízení, která výrazně šetří čas přepisováním dat z papírových formulářů do elektronické podoby. Nevýhodou je však poměrně vysoká vstupní investice, proto jsou využívány spíše podniky přímo se specializující na měření práce. V případě přímého měření rozlišujeme dva základní přístupy, a to chronometráž a snímek pracovního dne.

Chronometráž umožňuje stanovit délku trvání pracovní operace. Principem jejího provedení je rozdělení měřené operace do několika dílčích úkonů a zaznamenávání jejich spotřeby času do předem připravených formulářů. Při její správné aplikaci lze definovat problematické úkony, balancovat operace přesouváním jednotlivých úkonů mezi pracovníky a vyloučit extrémní hodnoty jednotlivých úkonů. Metoda chronometráže zajišťuje poměrně vysokou spolehlivost měření v případě, že měřená operace byla správně rozdělena na jednotlivé úkony, byl proveden dostatečný počet náměrů či byl brán v úvahu stupeň výkonu sledovaného pracovníka.

Snímek pracovního dne se zaměřuje na sledování pracovníka s cílem získat komplexní přehled o spotřebě času. Vytvářen je nepřetržitým pozorováním veškeré spotřeby času během směny a zápisem naměřených hodnot do pozorovacího listu. Na základě snímkování můžeme identifikovat plýtvání, určit poměr činností nepřidávajících hodnotu, navrhnout novou formu organizace práce nebo odhalit využití jednotlivých pracovníků [11, 12].

1.4.2 Nepřímé měření

V poslední době je stále častěji používána metoda předem určených časů, kde je norma určena nepřímým způsobem. Pro účely toho měření jsou jednotlivé úkony rozčleněny na základní pohyby, kterým je podle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času. Systémy předem určených časů mají oproti přímému měření několik zásadních výhod. Jejich nespornou výhodou je především odpadnutí subjektivity při stanovování stupně výkonu či jejich další možné použití pro stanovení časové náročnosti budoucích operací. Využití

nalezneme také pro racionalizaci pracovního postupu, organizaci a uspořádání pracoviště.

Nejznámějším systémem předem určených časů je systém **MTM** (Methods - Time Measurement). Jako problém se však často jeví jeho náročnost z hlediska detailního popisu vykonávaných pohybů. Vyžadován je mimo jiné přesný typ pohybu, jeho náročnost, vzdálenost či hmotnost objektu, což je pochopitelně mnohdy velmi těžké přesně specifikovat. Dále si také v rámci možností každý operátor výroby přizpůsobí pohyb podle svých potřeb. Tyto nedostatky vedly k vývoji odvozených systémů, jako například MTM2, UAS či USD.

V dnešní době je ze systémů předem určených časů nejpoužívanější **MOST** (Maynard Operation Sequence Technique), jehož výhodou je až na výjimky univerzálnost použití ve všech odvětvích průmyslu (automobilový, strojírenský, ...) při zachování vysoké přesnosti.

U systému MOST jsou známy jeho čtyři základní rodiny – Mini, Basic, Maxi a Admin MOST. Pro většinu běžných činností trvajících několik desítek vteřin až minut (10 s – 10 min) je využíván **Basic MOST** s přesností na setiny vteřin. **Mini MOST** se hodí pro operace dlouhé několik vteřin (2 – 10 s) s vysokou frekvencí opakování. Jeho přesnost je na tisíce vteřin. Pro logistické činnosti či operace související s údržbou nebo přestavbou strojních zařízení je nejvhodnější **Maxi MOST**. Nejnovější je **Admin MOST**, který byl vytvořen k normování administrativních činností.

Basic MOST je systém, který vychází ze skutečnosti, že při veškerých činnostech ve výrobě dochází k přemísťování objektů, a to buď volným pohybem (vzduchem), řízeným pohybem (jasně stanovená dráha pohybu), za pomoci ručního nástroje nebo ručního jeřábu. Pro každý způsob pohybu je přiřazena vlastní sekvenční model, viz tabulka č. 1 [11].

Sekvenční modely pro systém Basic MOST		
Aktivita/druh pohybu	Sekvenční model	Parametr
Obecné přemístění	ABGABPA	A - Action distance (Akce na určitou vzdálenost)
		B - Body motion (Pohyb těla)
		G - Gain control (Získání kontroly)
		P - Placement (Umístění)
Řízené přemístění	ABGMXA	M - Move controlled (Přesun řízený)
		X - Processtime (Procesní čas)
		I - Alignment (Vyrovnání)
Použití ručního nástroje	ABGABP*ABPA	F - Fasten (Utáhnout)
		L - Loosen (Uvolnit)
		C - Cut (Dělit)
		S - Surface treat (Povrchová úprava)
		M - Measure (Měřit)
		R - Recor (Zaznamenat)
Použití ručního jeřábu	ATKFVLVPTA	T - Think (Myslet)
		T - Transport unloaded (Transport prázdný)
		K - Hook up and unhook (Zaháknutí a vyháknutí)
		F - Free object (Uvolnění objektu)
		L - Loaded mode (Transport naložený)
		V - Vertical Move (Vertikální přemístění)

A ₁₀	B ₆	G ₃	A ₁₀	B ₀	P ₁	A ₀
-----------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

Tabulka 1: Ukázka systému Basic MOST [11]

S pomocí výše uvedené tabulky můžeme určit spotřebu času dané operace. Důležité je jako první zvolit typ pohybu a k němu vhodnou sekvenci. Poté dle jeho náročnosti přiřadíme vhodné indexy k jednotlivým parametrům. Aplikujeme-li tento postup na příkladu, kdy pracovník uchopí těžkou krabicí se součástkami umístěnou na zemi, přenesení ji pět kroků na pracoviště a volně umístí na pracovní stůl, získáme sekvenci A10 B6 G3 A10 B0 P1 A0. Dále indexy sečteme a vynásobíme konstantou 10. Tím získáme údaj v jednotkách TMU (Time Measure Units), přičemž jedna jednotka TMU je rovna 0,036 sekundy. V uvedeném příkladě by byl spotřebovaný čas 300 TMU, tedy asi 11 sekund [11, 12].

1.5 Identifikace pasivních prvků v logistice

Materiál, přepravní prostředky (paleta, kontejner, přepravka, GLT, KLT...), obaly, odpad nebo také informace spojené s jejich pohybem. To vše tvoří pasivní prvky v logistice. Jejich pohyb je zajištěn aktivními prvky, tedy různými technickými prostředky, zařízeními, ovládacím a řídicím personálem atd.

Bezproblémová identifikace pasivních prvků ve stanovených místech logistického řetězce je nezbytnou podmínkou správného řízení materiálového toku. V posledních letech je využíváno zejména automatické identifikace, která zajišťuje vysokou rychlost snímání a minimální počet chyb. To velmi usnadňuje řízení procesů, jimiž pasivní prvky procházejí, dále kontrolu stavu zásob ve skladech nebo sběr informací o provedených úkonech s nimi.

Nejlevnějším a proto také nejrozšířenějším způsobem automatické identifikace jsou čárové kódy. Fungují na optickém principu ozáření optickým nebo laserovým paprskem. V dnešní době je známo více než 200 druhů. Nejznámější jsou bezpochyby číselné EAN nebo UPC kódy.

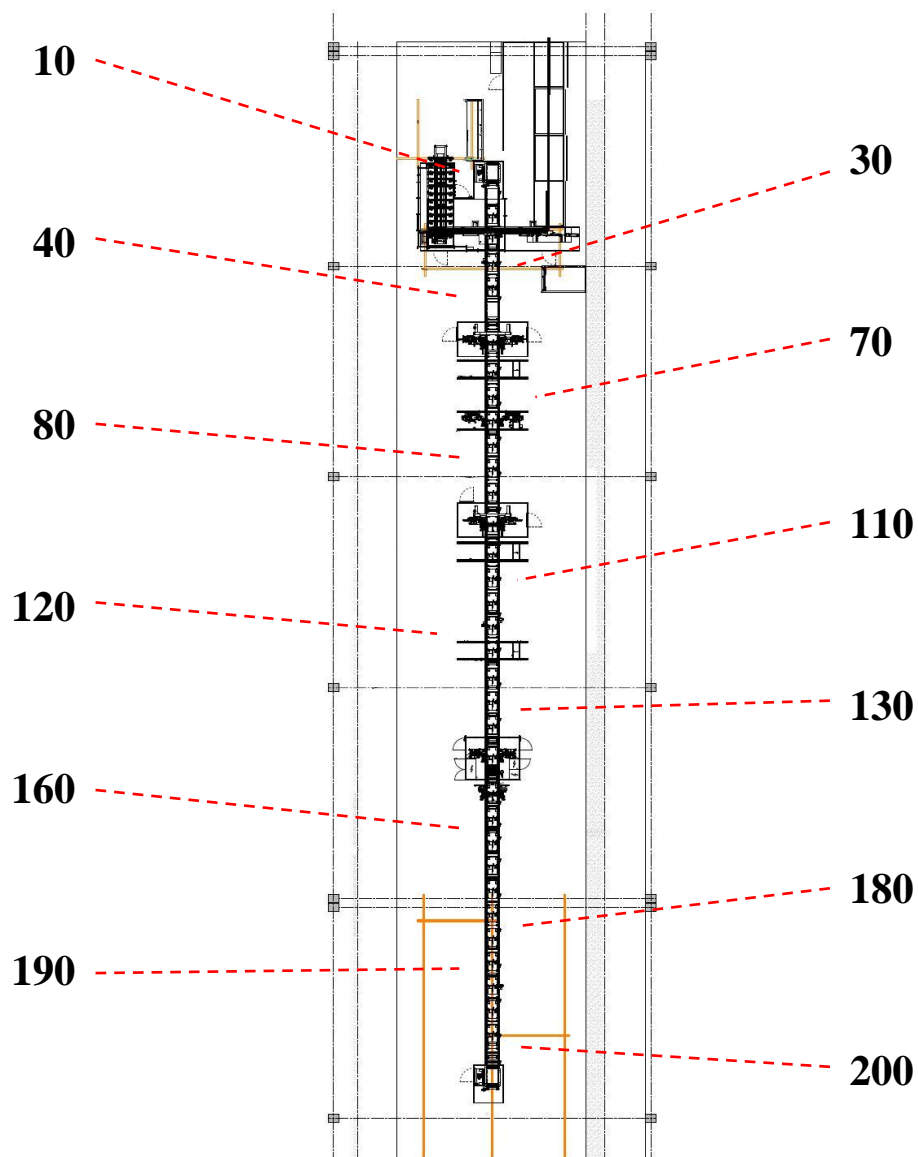
Na principu elektromagnetických vln funguje bezdotykový automatický identifikační systém, tzv. radiofrekvenční identifikace (dále jen RFID). K výměně dat slouží čip a čtecí zařízení, k jejich zaznamenávání nosič neboli transponder, připevněný na zboží, balíky nebo jiné sledované předměty.

V praxi se využívání čárových kódů a RFID kombinuje. Nevýhodou RFID je stále ještě vysoká cena. Lze však očekávat, že v průběhu let bude klesat. Za nespornou a nenahraditelnou výhodu transponderů je považována komunikace mezi čtecím zařízením a transponderem na delší vzdálenost i bez potřeby optického kontaktu [13].

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Popis chodu linky

Montážní linka byla zkonstruována k výrobě dvou typů zadních náprav tak, aby při plném obsazení pracovním personálem splnila požadavek na výrobu 540 kusů za jednu osmihodinovou směnu. Pro potřeby této práce jsou dále nápravy označovány jako typ „A“ a „B“. Také je třeba dodat, že náprava „A“ je vyráběna ve dvou variantách, zatímco náprava „B“ pouze v jedné variantě.



Obrázek 2: Layout linky se znázorněním operací obsluhovaných operátory výroby [15]

Celkem sestává z 20 stanovišť, které jsou z konstrukčního hlediska číslovány jako operace č. 10, 20, 30, ..., 200, z nichž 8 zajišťují automatické stanice. Zbylých 12 pozic (viz obr. 2), obsluhují operátoři výroby. První operaci, tedy č. 10, vykonává pouze jeden pracovník. Stejně je tomu také na poslední operaci č. 200. U všech ostatních pracovišť, samozřejmě kromě automatických stanic, jsou zapotřebí dva pracovníci stojící naproti sobě přes montážní linku. Avšak v souvislosti s malou časovou náročností u operací č. 30, 40 a dále 180, 190 platí, že v obou případech sousední stanoviště neobsluhují celkem 4 operátoři, ale postačí 2. K zajištění všech montážních operací je tedy třeba celkem 18 operátorů výroby. Pokud však dojde k výraznému omezení požadavků na výrobní plán, může dojít také ke snížení personálního obsazení.

Dále se na chodu linky podílí dva koordinátoři týmu a jeden seřizovač.

Koordinátor týmu, jak již název napovídá, koordinuje práci v týmu. Dále organizuje a vede týmové rozhovory, sleduje docházku, dbá na dodržování pracovní doby, kontroluje kvalitu provedených operací, přijímá pracovní úkoly od supervizora výrobního střediska a zajišťuje tok informací do týmu. V naléhavých záležitostech pracovníků a dalších mimořádných situací slouží jako pracovní záloha, zajišťuje střídání a zapracování pracovníků na operacích. Obstarává ochranné pomůcky a nástroje, kontroluje dodržování bezpečnosti práce, používání předepsaných ochranných pomůcek a pracovní oděvů, dohlíží na dodržování technologické kázně, každý úraz hlásí supervizorovi. Zajišťuje pořádek na pracovišti včetně umístění materiálu (palety, regály) na předem určené místo označené závěskou (název dílu, číslo dílu). Dále též organizuje přesčasovou práci.

Seřizovač odpovídá za plynulý chod ML a kvalitu seřízení technologických zařízení. V případě zjištění závady na zařízení, automatické stanici nebo náradí ji v rámci své kompetence odstraní nebo nahlásí kompetentním pracovníkům, jež nápravu sjednají. Řídí práci výrobních pracovníků, spolupracuje se směnovým mistrem při organizaci pracovních činností montážní linky. Provádí kontrolu, výměnu a seřízení náradí a také denní a týdenní kontrolu stacionárního zatahovacího zařízení a všech automatických a poloautomatických stanic.

Koordinátor týmu i seřizovač dle potřeby doplňují a vychystávají k pracovišti montážní materiál. V případě potřeby organizují také repasní práce.

Na popisované montážní lince se pracuje nepřetržitě pět dní v týdnu na 3 směny (noční 22:00 - 06:00, ranní 06:00 - 14:00 a odpolední 14:00 - 22:00). Navíc je výroba posílena šestou noční směnou. V průběhu jedné směny mají členové pracovního týmu jednu 30 minutovou a dvě 5 až 10 minutové přestávky. Pro zvýšení pozornosti operátorů výroby bylo zavedeno jejich střídání tak, že každou hodinu se posouvají na následující pracoviště a tím dochází k omezení monotónnosti montážní operace.

Před začátkem i koncem každé směny si pracovník zkontroluje své stanoviště, jeho čistotu, funkčnost a dostatečnou zásobu materiálu, aby nedošlo k zpomalení výroby čekáním na jeho doplnění. Další povinností operátorů výroby je provedení vizuální kontroly jakéhokoliv dílu před jeho montáží. Tento úkon stvrdí svým osobním razítkem do montážního výlepu. Po ukončení všech dílčích činností stiskne potvrzovací tlačítko, kterým montážní paletu odešle na následující pracoviště.

U automatických stanic je toto odeslání řízeno programem. Za každou stanicí je zřízeno tzv. pracoviště náhradní technologie, které je využíváno pouze v mimořádných případech k napravení možných chyb.

Z důvodu bezpečnosti je v blízkosti každého potvrzovacího tlačítka instalováno také nouzové tlačítko STOP k okamžitému zastavení veškerých činností stroje. Po jeho stisknutí přejde příslušná bezpečnostní zóna do stavu „porucha“ a ostatní zóny zůstanou v automatickém režimu. Příčina poruchy je zobrazena na panelu Quick. Po odstranění příčiny se stiskne tlačítko „reset“ a následně tlačítko „start“.

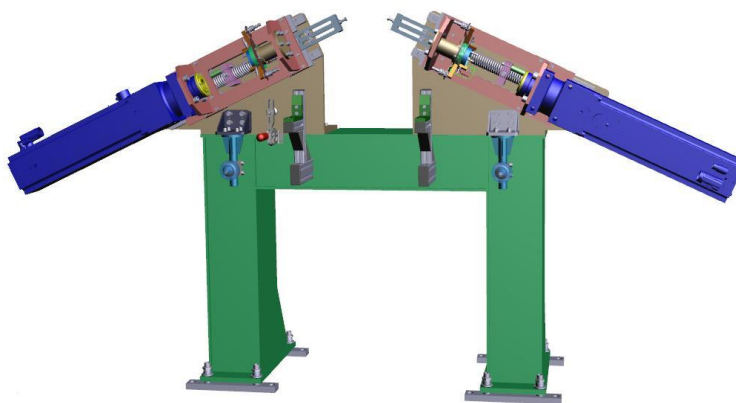
2.2 Popis jednotlivých pracovních operací

2.2.1 Lisování pružných lůžek, operace č. 10

Na této montážní operaci pracuje 1 pracovník, který obsluhuje lisovací stroj (viz obr. 3) pro nápravnici typu „A“ a zajišťuje stálou zásobu těchto nápravnic na taktovací dopravník. Jeho úkolem je na přepravní paletě, která obsahuje nové kusy nápravnic, nasadit pryžový stabilizátor využitím přípravku na stabilizátor nápravnice. Po přípravě nápravnice opatří pracovník lisovací stroj dvěma orientovaně pružnými lůžky do lisovacích jednotek. Následně pomocí zdvihacího zařízení vyjme nápravnici z přepravní palety a ustaví ji do lisu

s pružnými lůžky, kde nápravníci zaaretuje ručními upínkami. Stisknutím příslušného tlačítka aktivuje lis a zároveň světelnou závoru zajišťující bezpečnost zaměstnance během jeho práce s lisem. Po signalizaci správného nalisování lůžek pracovník odepne upínky a zdvihacím zařízením přemístí hotovou nápravu z pracoviště na taktovací pás (dopravník), kde práci zakončí stisknutím potvrzovacího tlačítka. Z dopravníku je dále náprava manipulátorem automaticky naložena na montážní paletu (dále jen MP) montážní linky (dále jen ML).

U nápravnice „B“ není z konstrukčního hlediska zapotřebí provádět montáž stabilizátoru a stejně tak ani lisování pružných lůžek, neboť nápravnice je jimi již předem opatřena.



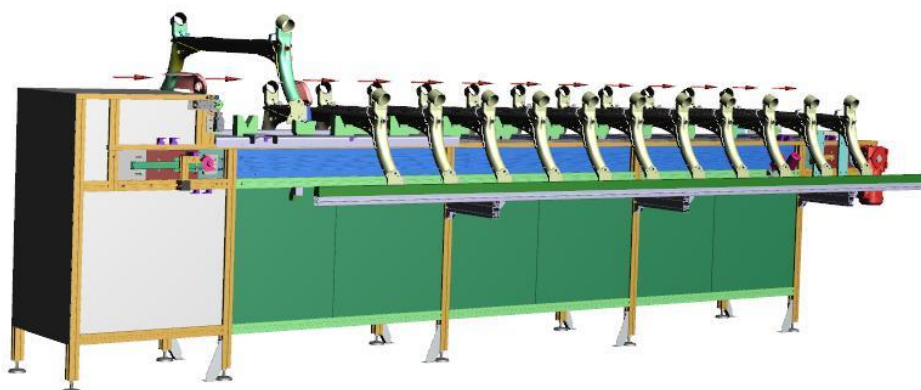
Obrázek 3: Lisovací stroj pružných lůžek [15]

2.2.2 Automatické nakládání, operace č. 20

Pracovníci dispečinku na základě poptávky zákazníka zadávají požadavek, který typ nápravy bude v danou chvíli příčným dopravníkem navěšen na MP.

V případě typu „B“ jsou nápravnice automaticky přemísťovány ze 4 přepravních zásobníků, které jsou pro ně určeny, pomocí podélného teleskopického manipulátoru přes předávací stůlek příčnému přepravníku.

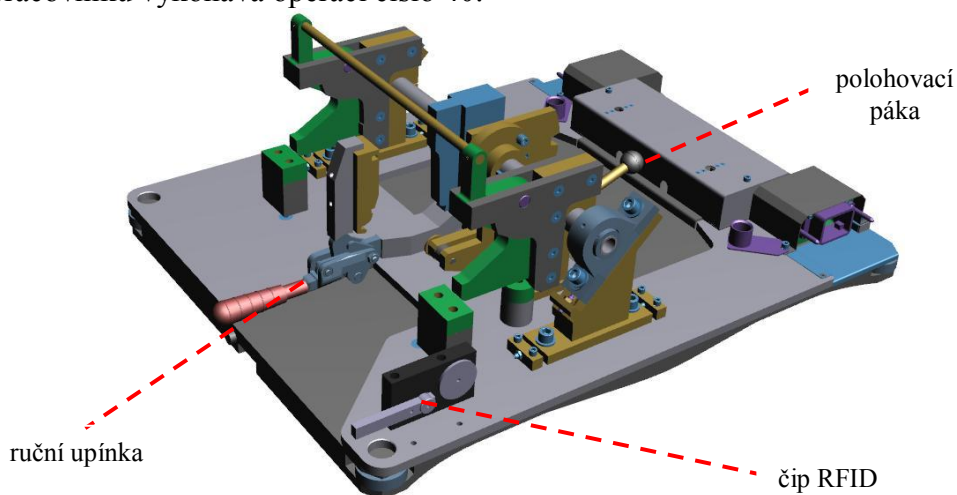
Taktovací dopravník pro ZN „A“ (viz obr. 4) doplňuje pracovník z o. č. 10. Prázdné přepravní palety (dále jen PP) jsou vyměňovány pomocí vysokozdvizného vozíku (dále jen VZV).



Obrázek 4: Taktovací dopravník nápravnice typu "A" [15]

2.2.3 Přichycení nápravnice, operace č. 30

Automatem naložený požadovaný typ nápravnice na MP (viz obr. 5), podle zakázky v montážním výlepu (dále jen MV), ručně umístí upínku, která je součástí MP. Poté stlačením polohovací páky pootočí nápravu o 90° do montážní polohy pro všechny montážní operace. Mezitím má pracovník na druhé straně za úkol odtrhnout z tiskárny natištěný MV a zkontrolovat shodnost informací na něm uvedených se skutečností. Svoji pozornost zaměřuje na kód, typ nápravnice a číslo MP. Kódy jsou načteny na monitor po přijetí MP k čipu RFID umístěného na ML daného pracoviště. Pokud je vše v pořádku, oba pracovníci nezávisle na sobě stisknou potvrzovací tlačítko, čímž se stoper držící MP zasune zpět do linky, MP odjede k následujícímu stoperu, u nějž stejná dvojice pracovníků vykonává operaci číslo 40.



Obrázek 5: Montážní paleta [15]

2.2.4 Montáž štítu brzdy a čepu kola, operace č. 40

Podle MV a vzhledu nápravnice pozná pracovník, o jaký typ nápravy se jedná.

U typu „B“ se jedná pouze o kotoučový druh brzdného systému s vlastním druhem šroubů, čepu a štítu brzdy. Tyto 3 komponenty nemění.

V případě typu „A“ musí operátor výroby nejprve zkontrolovat MV, na kterém je uveden kód požadavku na druh brzdového systému. Jeho další pracovní úkony se odvíjí podle komponentů k sestavení kotoučové či bubnové brzdy.

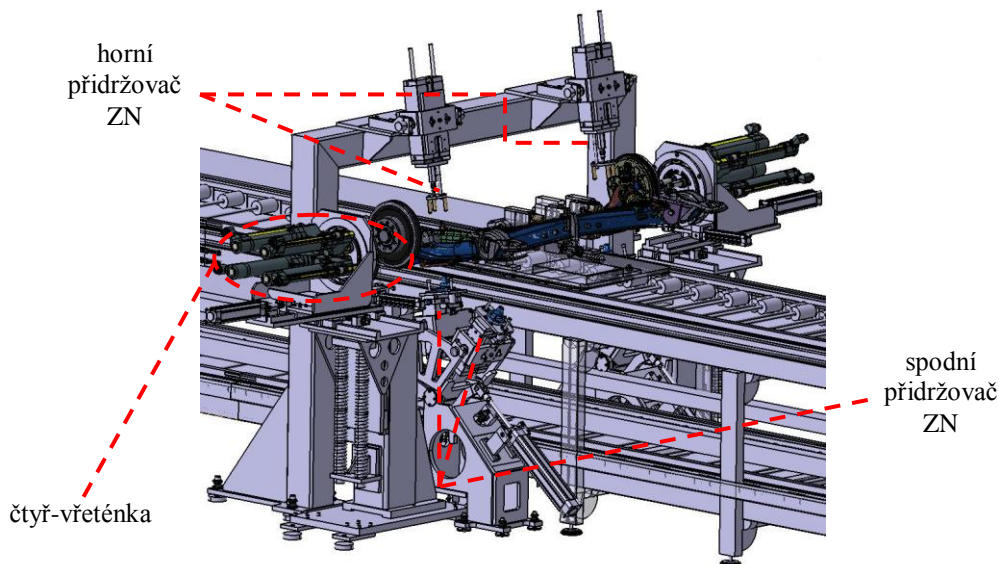
Obě nápravnice se liší tvarem čepu i štítem brzdy. Zároveň jsou tři druhy šroubů, přičemž jeden je pro kotoučovou brzdu ZN „A“, druhý pro bubnovou brzdu a třetí pro kotoučovou ZN „B“.

Úkolem operátora výroby je sestavit na kompletačním stolečku požadovaný druh brzdového systému. Hotový komponent uchopí a pomocí pneumatické pistolové zatahovačky přichytí čtyři šrouby k boku nápravnice. U nápravnice „A“ je třeba ještě navíc pomocí plastové paličky orientovaně namontovat držáčky brzdového vedení na tuckery, kterými je ZN opatřena.

2.2.5 Utažení čepu kola, operace č. 50

Tato operace je prováděna automatickou stanicí (viz obr. 6). Po příjezdu MP ke stoperu si počítač vyhodnotí, o jaký typ nápravy se v této pozici jedná. Podle toho se pak natočí spodní pneumatické přidržovače nápravnice, které zajíždějí do daných talířových otvorů v nápravnici. Stejným způsobem je náprava přidržena také seshora, aby byla zajištěna ideální poloha šroubů pro jejich následné dotažení, které je prováděno utahovací hlavicí, tzv. čtyř-vřeténkou. Jejím účelem je dotažení na utahovací moment předepsaný pro daný typ nápravy v jednom kroku. Správnost dotažení signalizují rozsvícené kontrolky na panelu u následující operace. Operace je zakončena odjištěním a návratem přidržovačů do původní polohy.

Během psaní této bakalářské práce byla tato operace přeprogramována tak, že se poloha přidržovačů nastaví již před příjezdem nové MP při požadavku na přetypování v důsledku montážního mixu ZN. Tím se zkrátil čas, a zvýšila se produktivita stroje na této operaci.



Obrázek 6: Automatická stanice utažení čepu kola, čtyř-vřeténka [15]

2.2.6 Náhradní technologie zatažení čepu kola, operace č. 60

U této operace se ZN zastaví pouze ve dvou případech.

Jestliže v operaci číslo 40 došlo vinou operátora výroby k záměně jednoho či více šroubů nebo v předešlé operaci byl některý z nich špatně utažen automatickou stanicí. V takovýchto případech u příslušného šroubu či šroubů svítí signalizační kontrolka. Tyto chyby se sice stávají zcela výjimečně, ale přesto je existence operace náhradní technologie nezbytně nutná, neboť umožňuje jejich napravení. V naprosté většině případů je ZN z této operace automaticky puštěna dál.

Přijede-li na MP nápravnice s bubnovou brzdou. V tu chvíli musí přijít pracovník z operace č. 70 a namontovat lano ruční brzdy.

2.2.7 Lisování ložiska kola, operace č. 70

Zaměstnanec z příslušné bedny vezme ložisko určené pro daný typ nápravy.

U nápravnice „A“ ložisko nasadí na kleštinu lisovacího stroje, který přiblíží k čepu kola a dvouručním ovládáním postupně provede nalisování ložiska na čep nápravy. Následně odsune lis do základní polohy a přichytí centrální stahovací matici minimálně na 3 až 4 závity.

V případě nápravy „B“ stačí ložisko nasunout ručně. Poté operátor výroby odebere z KLT centrální šroub, který se taktéž přichytí minimálně na 3 až 4 závity. Povinností je ještě opatřit tento typ nápravnice plastovou trubicí, kterou bude na operaci č. 130 prostrčeno lano ruční brzdy.

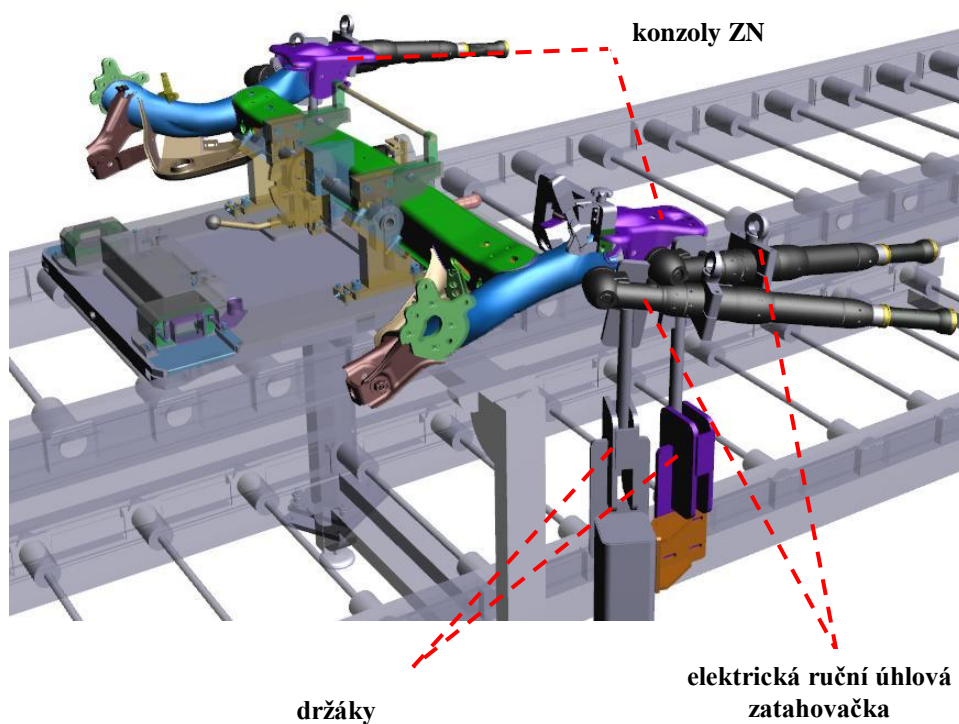
U obou typů ložisek musí dbát na pozornost rubu a líce.

2.2.8 Montáž konzoly, operace č. 80

Operátor výroby podle typu nápravy odebere odpovídající konzoly z přepravního vozíku a dále ze správného KLT vezme jeden šroub a jednu matici, kterými konzoly uchytí na pružné lůžko ZN. Krom odlišných šroubů pro každou z konzol, přísluší také vlastní přípravky sloužící k jejímu ustavení do správné polohy.

Poté operátor výroby umístí jedno-vřetenovou ruční elektrickou úhlovou zatahovačku do držáku (viz obr. 7), který zabrání její nežádoucí rotaci při konečném utažení šroubového spoje. Utahovací moment je po rozpoznání aktuálního typu nápravy ve stanici nastavován automaticky příslušným programem. U konzoly typu „A“ je při tomto úkonu nutné přidržení matice pomocí očkového klíče. Tato činnost odpadá u druhého typu konzoly, který je již od dodavatele opatřen přivařenou maticí. Díky tomu je montáž rychlejší průměrně o 3,6 sekundy. Na druhou stranu je zde ale oproti typu „A“ ještě třeba na konzoly nacvaknout plastovou podložku, čímž je časová náročnost navýšena.

Správné dotažení šroubů signalizuje rozsvícená kontrolka panelu u operace. Odebráním montážního přípravku a vrácením elektrické ruční úhlové zatahovačky do základní pozice je operace dokončena.



Obrázek 7: Montáž konzoly ložiska [15]

2.2.9 Zatažení centrální matice nebo šroubu, operace č. 90

Pracovní úkony příslušející této operaci zajišťuje automatická stanice, jež funguje na stejném principu jako stanice na operaci č. 50. Cílem však není utáhnutí 4 šroubů, ale pouze centrální matice v případě typu „A“ nebo šroubu u typu „B“.

Správně provedenou činnost stroje signalizuje rozsvícená kontrolka na panelu operace. V opačném případě dojde k zastavení ZN na následující operaci.

2.2.10 Náhradní technologie zatažení centrální matice, o. č. 100

Obdobně jako u operace č. 60, i zde je jejím účelem napravení případných chyb, ke kterým mohlo dojít na pracovišti č. 70 předtočením šroubu či matice na nedostatečný počet závitů, jejich nesprávným přichycením k čepu, znečištěním nebo špatným závitem od dodavatele.

Odstranění výše uvedených možných pochybení je v kompetenci seřizovače. Poté, co centrální matici (typ „A“) nebo šroub (typ „B“) zatáhne na předepsaný utahovací moment, překontroluje tento úkon pomocí digitálního

momentového klíče. Nakonec svým razítkem potvrdí provedené repase do MV a stisknutím tlačítka odešle MP na další operaci.

2.2.11 Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče, operace č. 110

Na tomto pracovišti operátor výroby prostrčí senzor ABS otvorem čepu kola, který však ještě předtím promaže štětečkem připraveným v kelímku s tukem, aby nedošlo k jeho zkorodování. Senzor ABS odpovídající danému typu ZN ručně přichytí k čepu kola jedním šroubkem na 2 až 3 závity a dotáhne elektrickou zatahovačkou na předepsaný moment utažení.

Dále je třeba připojit testovací kabel z MP na již namontovaný snímač ABS, aby mohl být proveden test funkčnosti na operaci č. 140.

Dalším dílčím úkonem je montáž brzdového kotouče, která spočívá v jeho přichycení fixačním šroubkem k ložisku kola na 2 až 3 závity a dotažení pneumatickou pistolovou zatahovačkou s nastaveným utahovacím momentem.

2.2.12 Montáž brzdového třmenu, operace č. 120

Tato operace není prováděna u nápravy typu „A“ s bubnovou brzdou, ale pouze u náprav „A“ a „B“ s brzdou kotoučovou. Podle typu nápravy pracovník odebere odpovídající třmen kotoučové brzdy z GLT a z KLT dva šrouby, jimiž ho ručně přichytí k nápravnici na 2 až 3 závity. Poté vezme elektrickou zatahovačku a šrouby dotáhne. Nastavení utahovacího momentu je i v tomto případě řízeno automaticky v souvislosti s typem nápravy ve stanici. Dosažení správného utažení je signalizováno rozsvícením kontrolky pro daný šroub.

2.2.13 Montáž brzdového bubnu a lan, operace č. 130

Pracovní úkony příslušející této operaci se odvíjí podle aktuálního typu nápravy ve stanici.

U typu „A“ s bubnovou brzdou je povinností operátora výroby nejprve vizuálně zkontrolovat správnost kompletu bubnové brzdy, lanka ruční brzdy a snímače ABS. V případě nesrovnalostí upozorní koordinátora týmu nebo seřizovače. Pokud je vše v pořádku, odebere z GLT kryt, jež přichytí k bubnové brzdě na 2 až 3 závity aretačním šroubkem z KLT a následně dotáhne pomocí pneumatické pistolové zatahovačky s nastaveným utahovacím momentem. Otočením krytu brzdy ověří správnost jeho dosednutí.

Jedná-li se o kotoučovou brzdu, tedy v případě nápravy „A“ i „B“, operátor výroby do jejího kompletu zachytí kovovou hlavičku lana ruční brzdy. Součástí lana je také předem namontovaný klip, který slouží k jeho přichycení k tuckeru umístěném na nápravnici.

2.2.14 Kontrola funkce snímače ABS, operace č. 140

Celou operaci zastává automatická stanice, která pomocí elektrického signálu kontroluje funkčnost a správný typ snímače ABS. Po vyhodnocení počítačem je MP automaticky odeslána dál.

2.2.15 Náhradní technologie snímače ABS, operace č. 150

K zastavení MP v této pozici dojde pouze v případě, že v přecházející operaci byla objevena závada snímače nebo jeho záměna za jiný typ. Účelem je tedy napravení možných nedostatků, které je v kompetenci seřizovače či koordinátora týmu. Závada může spočívat buď v samotném snímači, nebo ve funkci propojovacího kabelu. Po výměně nefunkčního či zaměněného dílu spustí pracovník znovu test funkčnosti.

2.2.16 Montáž brzd. tlakového vedení a brzd. systému, o. č. 160

Operátor výroby odebere z KLT brzdové tlakové vedení odpovídající aktuální nápravě. Každé vedení je opatřeno plastovou krytkou, která chrání duté šroubovací hlavice proti znečištění během přepravy až k jejich montáži. V tuto chvíli tedy krytku odebere, našroubuje hlavici na brzdíč a ručně, popřípadě pomocí speciálních kleští přichytí brzdové vedení do držáků připravených z operace č. 40. Nakonec dotáhne hlavici trubičky digitálním momentovým klíčem, který zvukovým znamením a světelnou signalizací oznámí dosažení potřebného utahovacího momentu.

2.2.17 Montáž LWR senzoru, operace č. 170

Montáž LWR senzoru provádí jeden operátor výroby pouze na levé straně montážní linky. Tato operace je v současné době zajištěna OV z operace č. 160.

2.2.18 Montáž krytky a fixace brzdového lana, operace č. 180

Operátor výroby provede odjištěním polohovací páky na MP otočení ZN o 90°, čímž ji navrátí do původní polohy, v které se nacházela v operaci č. 30.

Z příslušného KLT odebere krytku chránící před odlétávajícím kamením, nasadí ji na otvory v nápravnici a paličkou nebo ručně do nich narazí trn krytky.

Pro nápravu „B“ je navržena větší krytka, nežli pro „A“, proto je fixace k nápravnici časově náročnější. Nicméně je třeba dodat, že požadavek na krytku u této nápravy není moc častý. Oproti tomu je náprava „A“ krytkou opatřena vždy.

Jedná-li se o nápravu „A“ je povinností operátora výroby ještě navíc zafixovat brzdová lana nápravy samolepící páskou do V profilu nápravnice. Účelem tohoto opatření je jejich ochrana během přepravy po hale v několika vrstvených paletách na sobě.

2.2.19 Kontrolní stanoviště, operace č. 190

Operace je pro oba typy náprav „A“ i „B“ stejná. Pracovník sleduje kompletnost ZN, kvalitu provedené montáže jednotlivých externích dílů ZN, správnost montovaných dílů a jejich neporušenost.

Vizuálně zkontroluje centrální šroub nebo matici a následně trnovým přípravkem do ložiska narazí krytku těchto komponentů.

Nakonec ověří úplnost a čitelnost všech razítek v MV a stisknutím příslušného tlačítka odešle MP na další operaci.

2.2.20 Načtení a svěšení nápravy, operace č. 200

Po přijetí MP ke stoperu a čtečce, se z tiskárny na 2 samolepící štítky vytisknou údaje o nápravě. Pracovník zkontroluje, zda jsou tyto informace uvedené na štítku shodné s MV. Jeden ze štítků nalepí zhruba doprostřed nápravnice a druhý na určené místo v MV, který poté sroluje a vloží do tělesa ZN tak, aby při přepravě a další manipulaci s nápravou nedošlo k jeho ztrátě.

Nakonec ručně uvolní upínku MP a pomocí zdvihacího zařízení svěsí smontovanou nápravu do připravené palety.

2.3 Identifikace problému, definice cíle

Montážní linka byla vyrobena externí firmou teprve před pár lety. Zkonstruována byla na základě požadavku firmy Škoda auto pro splnění 540 kusů ZN za jednu směnu. Vizí vedení je do roku 2016 navýšit jejich výrobu na 720 kusů za směnu [15]. Jelikož není žádoucí zvyšovat počet pracovníků, za hlavní překážku k dosažení plánovaného navýšení výroby je na základě pozorování považována nevyváženost časových náročností jednotlivých operací.

Nejprve je třeba provést měření jednotlivých pracovních úkonů a vypočítat čas taktu odpovídající navýšené výrobě. Pracoviště, jejichž časová náročnost bude převyšovat TT jsou tzv. úzkými místy.

Dále musíme zvážit, zda není možné přesunout některé úkony z odhaleného úzkého místa na jiné, méně vytížené pracoviště, přičemž v úvahu bereme jak zástavbový prostor, tak také návaznost montáže jednotlivých dílů. Vybalancováním linky, případně také navržením opatření šetřících čas montáže dosáhneme snížení času taktu a tudíž navýšení výroby.

2.4 Měření

K zjištění časové spotřeby jednotlivých pracovních úkonů a operací bylo použito přímého měření s použitím ručních stopek, tzv. chronometrů. Přesnějších výsledků by bylo zajisté dosaženo pomocí časově náročného nepřímého měření metodami předem určených časů, jako jsou například MTM nebo Basic MOST, neboť 100% pracují se stupněm výkonu pracovníka. Žádná z těchto metod pro popisovanou ML však nebyla dosud vytvořena.

Ještě před začátkem měření byly jednotlivé operace rozděleny na několik dílčích úkonů. Naměřené hodnoty byly zaznamenávány do předem připravených tabulek.

Měření bylo realizováno na všech třech směnách, tedy ranní, odpolední i noční. Všechny úkony prováděl vždy jeden z koordinátorů týmu dané směny, který byl předem požádán o práci přiměřeným tempem, kterým je zároveň možné vykonávat činnost po celou pracovní dobu, týden, rok i déle. Zároveň každý z dílčích úkonů byl vždy měřen desetkrát. Účelem těchto opatření bylo předejít subjektivitě při hodnocení pracovního výkonu a zpřesnění výsledků.

2.4.1 Naměřené hodnoty

Z 30 naměřených hodnot pro každý úkon byly vytvořeny průměry, jež byly zadány do následujících tabulek č. 2 až 24. Časy dílčích úkonů v rámci každé operace byly sečteny, aby byly vidět cyklové časy.

operace	lisování pružných lůžek ZN "A"				čas cyklu
10	uchycení pryžového stabilizátoru	přemístění ZN na lis, aretace ZN, vložení pruž. lůžek do	lisování pružných lůžek	kontrola, přemístění ZN na taktovací dopravník	59,19
Ø čas	8,87	14,21	12,88	23,23	

Tabulka 2: Lisování pružných lůžek ZN "A"

operace	příprava ZN "A" k montáži				čas cyklu
30	upnutí ZN k MP, otočení ZN o 90°	kontrola MV s PC a přichycení k MP			10,42
Ø čas	5,07	5,34			

Tabulka 3: Příprava ZN "A" k montáži

operace	naložení a příprava ZN "B" k montáži				čas cyklu
30	upnutí ZN k MP, otočení ZN o 90°	kontrola MV s PC a přichycení k MP			9,73
Ø čas	4,11	5,62			

Tabulka 4: Příprava ZN "B" k montáži

operace	montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "A"				čas cyklu
40	kompletace čepu, štítu a šroubů KOTOUČOVÁ	uchopení a přichycení kompletu k ZN	montáž držáků brzdového vedení		31,83
Ø čas	9,24	11,99	10,60		

Tabulka 5: Montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "A"

operace	montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "B"				čas cyklu
40	kompletace čepu, štítu a šroubů KOTOUČOVÁ	uchopení a přichycení kompletu k ZN			18,42
Ø čas	7,72	10,71			

Tabulka 6: Montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "B"

operace	lisování ložiska kola ZN "A"				čas cyklu
70	uchycení ložiska do kleštiny	lisování ložiska	nasazení zatahovací matice		27,75
Ø čas	3,91	17,41	6,43		

Tabulka 7: Lisování ložiska kola ZN "A"

operace	nasazení ložiska ZN "B"				čas cyklu
70	nasazení ložiska na čep, předchycení šroubem	vsunutí vodičí trubičky k vedení brzd. lana			16,54
Ø čas	12,52	4,02			

Tabulka 8: Nasazení ložiska ZN "B"

operace	montáž konzoly ZN "A"				čas cyklu
80	přichycení konzoly, šroubu, matice a přípravku k ZN	utažení šroubu, odebrání přípravku			28,86
Ø čas	15,19	13,67			

Tabulka 9: Montáž konzoly ZN "A"

operace	montáž konzoly ZN "B"				čas cyklu
80	přichycení konzoly, šroubu a přípravku k ZN	utažení šroubu, odebrání přípravku	nasazení plast. podložky na konzoly		29,98
Ø čas	12,82	12,37	4,79		

Tabulka 10: Montáž konzoly ZN "B"

operace	montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "A"				čas cyklu
110	namazání otvoru čepu pro ABS tukem	montáž senzoru a jeho utažení, nasazení propoj. kabelu	odebrání brzdového kotouče a jeho uchycení		30,82
Ø čas	4,44	12,21	14,17		

Tabulka 11: Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "A"

operace	montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "B"				čas cyklu
110	namazání otvoru čepu pro ABS tukem	montáž senzoru a jeho utažení, nasazení propoj. kabelu	odebrání brzdového kotouče a jeho uchycení		31,00
Ø čas	4,15	12,68	14,17		

Tabulka 12: Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "B"

operace	montáž brzdového třmenu ZN "A"				čas cyklu
120	nasazení a uchycení brzdového třmenu				34,17
Ø čas	34,17				

Tabulka 13: Montáž brzdového třmenu ZN "A"

operace	montáž brzdového třmenu ZN "B"				čas cyklu
120	nasazení a uchycení brzdového třmenu				34,57
Ø čas	34,57				

Tabulka 14: Montáž brzdového třmenu ZN "B"

operace	montáž brzdového bubnu a lana ZN "A"				čas cyklu
130	nasazení a utažení krytu bubnové brzdy	Λ	montáž brzdového lana		20,03
Ø čas	17,40		22,65		

Tabulka 15: Montáž brzdového bubnu a lana ZN "A"

operace	montáž brzdového lana ruční brzdy ZN "B"				čas cyklu
130	montáž brzdového lana				19,00
Ø čas	19,00				

Tabulka 16: Montáž brzdového lana ruční brzdy ZN "B"

operace	montáž brzdového tlakového vedení ZN "A"				čas cyklu
160	odebrání propoj. kabelu z ABS senzoru	přípravení brzd. trubičky k následné montáži	montáž brzd. trubičky, nasazení krytky na ABS	výměna ořechu na utahovačce	39,11
Ø čas	4,55	18,50	13,65	2,42	

Tabulka 17: Montáž brzdového tlakového vedení ZN "A"

operace	montáž brzdového tlakového vedení ZN "B"					čas cyklu
160	odebrání propoj. kabelu z ABS senzoru	dotažení brzd. trubičky, nasazení krytky na ABS	sestavení gumového segmentu, vložení do ZN	výměna ořechu na utahovačce	montáž brzdové trubičky	34,10
Ø čas	4,53	9,02	9,03	2,48	9,04	

Tabulka 18: Montáž brzdového tlakového vedení ZN "B"

operace	krytka proti nečistotám ZN "A", fixování brzd. lan				čas cyklu
180	vrácení ZN do původní polohy otočením o 90°	odebrání a nasazení krytky proti nečistotám	fixování brzd. lan páskou k ZN		20,94
Ø čas	4,73	10,79	10,15		

Tabulka 19: Krytka proti nečistotám ZN "A", fixování brzd. lan

operace	krytka proti nečistotám ZN "B"				čas cyklu
180	odebrání a nasazení krytky proti nečistotám				28,09
Ø čas	28,09				

Tabulka 20: Krytka proti nečistotám ZN "B"

operace	kontrolní stanoviště ZN "A"				čas cyklu
190	finální kontrola externích dílů a kompletnosti ZN	kontrola centrální matice, montáž krytky	kontrola montážního výlepu		34,34
Ø čas	10,75	14,24	4,62		

Tabulka 21: Kontrolní stanoviště ZN "A"

operace	kontrolní stanoviště ZN "B"				čas cyklu
190	finální kontrola externích dílů a kompletnosti ZN	vrácení ZN do původní polohy otočením o 90°	kontrola centrálního šroubu, montáž krytky	kontrola montážního výlepu	37,72
Ø čas	13,00	4,86	14,96	4,89	

Tabulka 22: Kontrolní stanoviště ZN "B"

operace	načtení a svěšení ZN "A"				čas cyklu
200	odebrání štítku z tiskárny, jeho vlepení na ZN a MV, vložení MV do	uvolnění ZN od MP	svěšení ZN do přepravní palety	odebrání závěsky z tiskárny a připevnění k	42,59
Ø čas	17,54	4,28	19,86	0,91	

Tabulka 23: Načtení a svěšení ZN "A"

operace	načtení a svěšení ZN "B"				čas cyklu
200	odebrání štítku z tiskárny, jeho vlepení na ZN a MV, vložení MV do	uvolnění ZN od MP	svěšení ZN do přepravní palety	odebrání závěsky z tiskárny a připevnění k	43,96
Ø čas	17,89	4,46	20,68	0,92	

Tabulka 24: Načtení a svěšení ZN "B"

2.5 Analýza problémů

K nalezení úzkých míst je třeba:

1. vypočítat čas taktu:

$$TT = \frac{\text{čistý dostupný čas na den}}{\text{celkový denní požadavek zákazníka}} \quad [\text{s}]$$

$$7,5 \text{ hod} = 27\,000 \text{ s}$$

$$TT_1 = \frac{27\,000}{540}$$

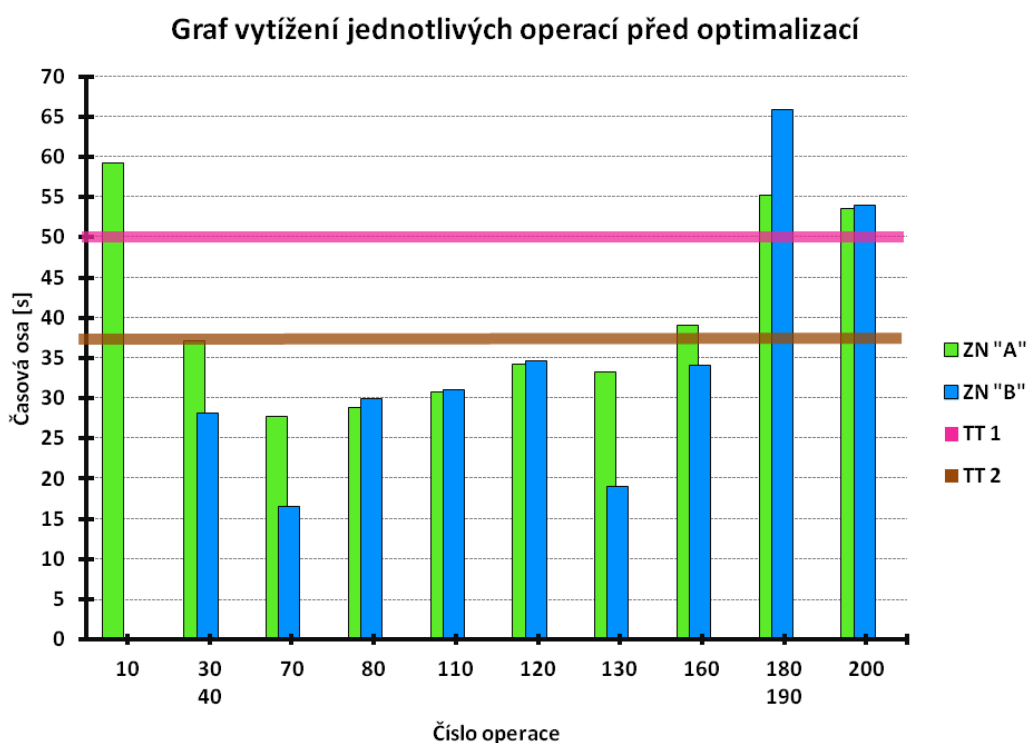
$$TT_2 = \frac{27\,000}{720}$$

$$TT_1 = 50 \text{ s}$$

$$TT_2 = 37,5 \text{ s}$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že čas taktu, který platí v současné době při výrobě 540 náprav za směnu, činí 50 sekund. Po navýšení výroby na 720 náprav bude čas taktu činit 37,5 sekundy.

2. zaneš naměřené hodnoty do grafu č. 1:



Graf 1: Vytížení jednotlivých operací před optimalizací

Výše uvedený graf znázorňuje celkovou časovou náročnost operací obsluhovaných operátory výroby, zvláště pro nápravu „A“ a „B“. Naměřené časy práce automatických stanic nebyly zařazeny, neboť všechny zvládají splnit operaci do 25 sekund.

Operace č. 10 je prováděna mimo ML a jejím účelem je připravovat pouze ZN typu „A“. Ačkoliv časová náročnost příslušných úkonů činí téměř 60 sekund, je nutné uvědomit si skutečnost, že zároveň probíhá výroba také ZN typu „B“, u které tato operace není prováděna. Zadních náprav typu „B“ je vyráběno více než „A“ v poměru 1A : 1,2B. Vezmeme-li toto v potaz, dojdeme k závěru, že čas vytížení pracoviště je pod 30 sekund. Tuto operaci není třeba zahrnovat do procesu balancování linky.

Při současné výrobě 540 kusů ZN za směnu, kdy TT_1 je rovno 50 sekundám (viz. růžová linie v grafu č. 1), se jako problematické jeví zdvojená operace 180 – 190 a operace 200. V budoucnu, při navýšení požadavku výroby na 720 kusů by se k těmto úzkým místům přidaly ještě zdvojená operace 30 – 40 a 160.

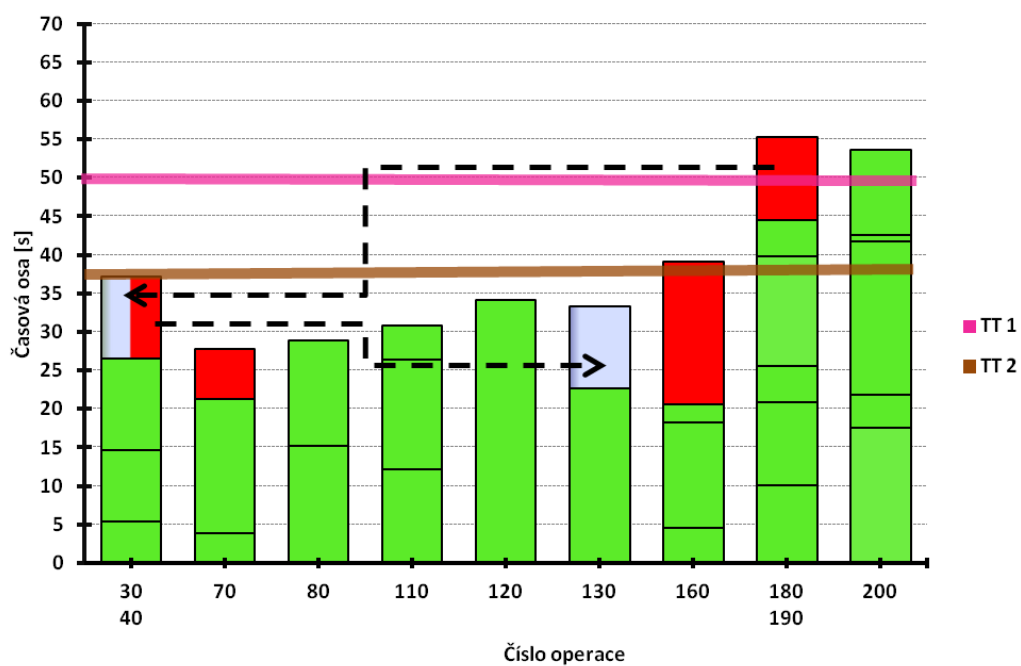
2.6 Návrhy na zlepšení

A) Balancování linky

Po zvážení návaznosti montážních sledů operací a prostoru kolem pracovišť byly v úzkých místech vyhodnoceny dílčí úkony, které lze přesunout na méně vytížená pracoviště.

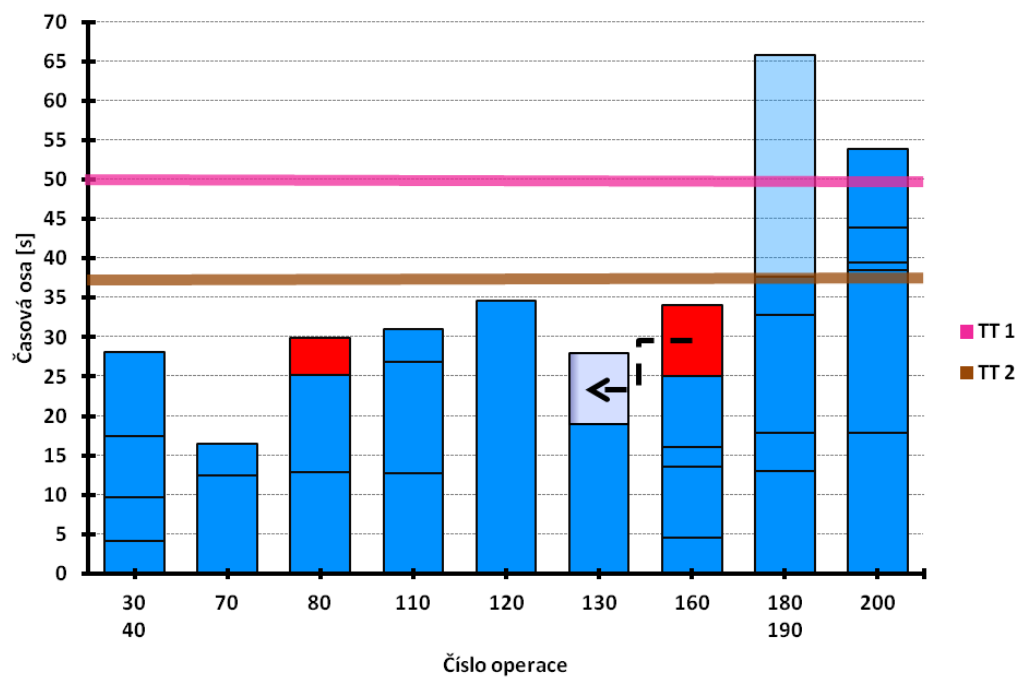
Pro lepší pochopení vlastního návrhu na balancování linky byly vytvořeny následující dva grafy (viz graf 2 a 3), zvláště pro ZN „A“ a „B“. Každý sloupec představuje cyklový čas. Červeně jsou značeny úkony, u kterých je přesun na jinou operaci možný. Pouze u těch, které jsou navíc doplněny šipkou, je navrženo přemístění. Šedivá část sloupce značí nově přesunutý pracovní úkon.

Taktovací graf jednotlivých operací ZN "A"



Graf 2: Taktovací graf jednotlivých operací ZN "A"

Taktovací graf jednotlivých operací ZN "B"



Graf 3: Taktovací graf jednotlivých operací ZN "B"

1. Návrhy pro ZN „A“

operace 40 ZN "A"	
PŘESOUVANÝ ÚKON	montáž držáků brzdového vedení
	viz 2.2.4 Montáž štítu brzdy a čepu kola
CÍL PŘESUNU	operace č. 130
	viz 2.2.13 Montáž brzdového bubnu a lan
SLED ÚKONŮ NA CÍLOVÉ OPERACI	montáž brzdového lana, montáž držáků brzdového vedení
ČASOVÁ NÁROČNOST ÚKONU	10,60 sekund

Tabulka 25: Návrh na přesun úkonu z operace 40 ZN "A"

operace 180 ZN "A"	
PŘESOUVANÝ ÚKON	nasazení krytky proti nečistotám
	viz 2.2.18 Montáž krytky a fixace brzdového lana
CÍL PŘESUNU	operace č. 30
	viz 2.2.3 Příprava ZN "A" k montáži
SLED ÚKONŮ NA CÍLOVÉ OPERACI	nasazení krytky proti nečistotám, upnutí ZN k MP, otočení o ZN 90°
ČASOVÁ NÁROČNOST ÚKONU	10,79 sekund

Tabulka 26: Návrh na přesun úkonu z operace 180 ZN "A"

Přesun úkonu montáže držáků brzdového tlakového vedení z operace č. 40 byl po zvážení všech možností (materiálový tok, zástavbové prostory, cyklové časy) proveden na nejméně vytížené pracoviště č. 130.

Dalším z úkonů, se kterými lze hýbat na jiné pracoviště, je nasazení zatahovací matice z operace 70. Z důvodu zachování plynulosti materiálového toku by jediným možným východiskem pro cíl přesunu byla operace č. 80. Avšak obě zmíněné operace mají téměř stejný cyklový čas, proto by tímto přesunem mezi nimi došlo k velkému nepoměru časového vytížení. Dalším faktem je, že ani jedna z nich pro ML není úzkým místem.

Jedním z úkonů umožňujících přesun je také příprava brzdové tlakové trubičky k následné montáži. Tato činnost je součástí operace č. 160. Vzhledem k tomu, že jde o předmontáž trubičky k brzdovému třmenu, který je k ZN montován až na operaci č. 120, mohli bychom daný úkon přesunout na č. 120 či 130. Ovšem průměrná časová náročnost úkonu dosahuje téměř 19 sekund, proto by po realizaci

této možnosti cyklový čas u obou operací přesáhl oba časy taktu. O přesunu na operace následující po č. 160 nelze uvažovat vzhledem k materiálovému toku.

Z vyhodnocení analýzy současného stavu byla za nejužší místo ML vyhodnocena operace 180 a 190, proto je nutné pokusit se odebrat úkony, které je možné vykonat na méně vytíženém pracovišti vzhledem k návaznosti montáže jednotlivých dílů a zástavbovému prostoru. Jediným možným východiskem je provést nasazení krytky proti nečistotám již na operaci č. 30, neboť ZN je ještě v původní poloze, která montáž umožňuje.

2. Návrhy pro ZN „B“

operace 160 ZN "B"	
PŘESOUVANÝ ÚKON	montáž brzdové trubičky
	viz 2.2.16 Montáž brzdového tlakového vedení
CÍL PŘESUNU	operace č. 130
	viz 2.2.13 Montáž brzdového bubnu a lan
SLED ÚKONŮ NA CÍLOVÉ OPERACI	montáž brzdového lana, montáž brzdové trubičky
ČASOVÁ NÁROČNOST ÚKONU	9,04 sekund

Tabulka 27: Návrh na přesun úkonu z operace 160 ZN "B"

U operace č. 80 se nabízí možnost přesunout pracovní úkon nasazení plastové podložky na konzoly na některou z následujících operací. U každé z nich je však cyklový čas vyšší, proto bychom dosáhly pouze zhoršení.

Jediného zlepšení pomocí balancování ML v případě ZN „B“ je možno docílit přesunutím montáže brzdové trubičky z operace č. 160 na operaci č. 130.

B) Další navrhovaná opatření

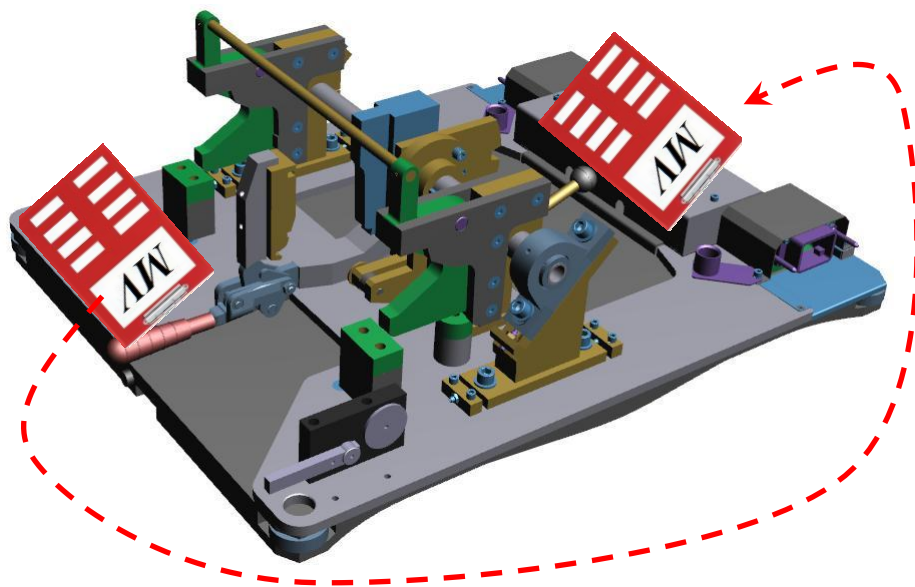
1. Přesun montážního výlepu

Povinností operátorů výroby je po každé provedené operaci potvrdit vykonanou činnost a správnost montáže svým osobním razítkem. K tomuto účelu je vymezen prostor dolní poloviny montážního výlepu. Jeho umístění na pravé straně montážní palety (ve směru chodu ML) však představuje značné problémy pro všechny OV pracující na druhé, tedy levé straně. Montážní výlep mají navíc natočen „vzhůru nohama“, tudíž se musí natahovat až ke kraji protější strany linky.

Aby nedocházelo ke ztrátám, zapomenutí či záměně razítek, jsou opatřena samonavíjecím rollerem a klipem k připnutí na pracovní oděv. Navíjecí mechanismus však nedovoluje u pracovišť, která jsou vybavena odkládacími stolečky na ruční nářadí a další příslušenství a u pracovišť zastavěných přepravkami s materiálem dosáhnout na MV. V těchto případech musí mít OV razítko odložené volně na ML, čímž dochází k plývání ve formě neustálého hledání razítka či jeho sbírání ze země nebo dokonce může být ohrožena bezpečnost OV.

Jednoduchým řešením by bylo přemístit kovovou desku s klipem pro uchycení výlepu doprostřed montážní palety tak, jak je vidět na obrázku č. 8. Tuto změnu by mohli provést pracovníci údržby. Deska se na navrhované místo MP vejde tak, že její vnější okraj nijak nepřesáhne, proto se není třeba obávat kolizi ve výtazích na začátku a konci ML.

Navrhovaná změna byla konzultována s pracovníky jedné směny, přičemž jejich reakce byly kladné či neutrální. Docílili bychom tak největšího možného kompromisu a bezpochyby také snížili cyklový čas všech operací přibližně o 2 až 3 vteřiny.



Obrázek 8: Návrh na přesun montážního výlepu [15]

2. Na operaci č. 110 nahrazení kelímku s tukem a štětečkem maznicím přitlačným lisem

Operace číslo 110 sestává mimo jiné z úkonu, kdy OV promazává otvor čepu pro ABS. K tomu má připravený kelímek s tukem a štěteček. Pokud by došlo k nanesení tuku znečištěného kovovými šponami, byla by narušena komunikace mezi senzorem ABS a snímacím kroužkem na ložisku kola.

Uvedenému riziku se lze vyhnout nahrazením kelímku a štětečku mazacím přitlačným lisem (viz obr. 9). Vhodné by také bylo maznici u pracoviště zavěsit, abychom omezili plýtvání formou hledání a odkládání. Nežádoucí rotaci by předešlo zavěšení alespoň na dvou lankách. Hlavice maznice by byla zkonstruována tak, aby po jejím zasunutí do otvoru čepu došlo ke vstříknutí tuku na stykovou plochu.

Průměrný čas potřebný k promazání je v současné době 4,15 sekund. Zrealizováním tohoto návrhu bychom ho mohli zkrátit odhadem přibližně na polovinu. Kromě toho bychom jistě zlepšili čistotu pracoviště, jelikož by nemohlo dojít k padání štětečku na MP či zem výrobní haly a ani pracovní rukavice, kterými se OV dotýká i dalších strojů, materiálů a podobně, by nebyly zbytečně zamazávány.



Obrázek 9: Mazací přitlačný lis [15]

3. Výpomoc koordinátorů týmu na operaci č. 180 v případě požadavku na krytku proti nečistotám u ZN „B“

Pro montáž krytky proti nečistotám je vyhrazena operace č. 180. Jak již bylo popsáno v kapitole 2.2.18, u nápravy ZN „A“ je montována vždy, kdežto pro ZN „B“ není zákazníkem tak často vyžadována (průměrně 18 kusů za den).

Zatímco montáž krytky pro ZN „A“ spotřebuje průměrně 10, 79 sekund, pro ZN „B“ je to 28 sekund (v grafu 3 znázorněno světlejší modrou). Ačkoliv není krytka pro ZN „B“ požadována vždy, je do výroby zadávána jako sorta, proto jede například 6 takových náprav za sebou. V tu chvíli dochází k problému, neboť čas cyklu vystoupá na téměř 66 sekund.

Tyto případy by mohly být řešeny výpomocí koordinátorů týmu. Nárazově by tak věnovali této práci maximálně 5 minut a ML by byla plynulá.

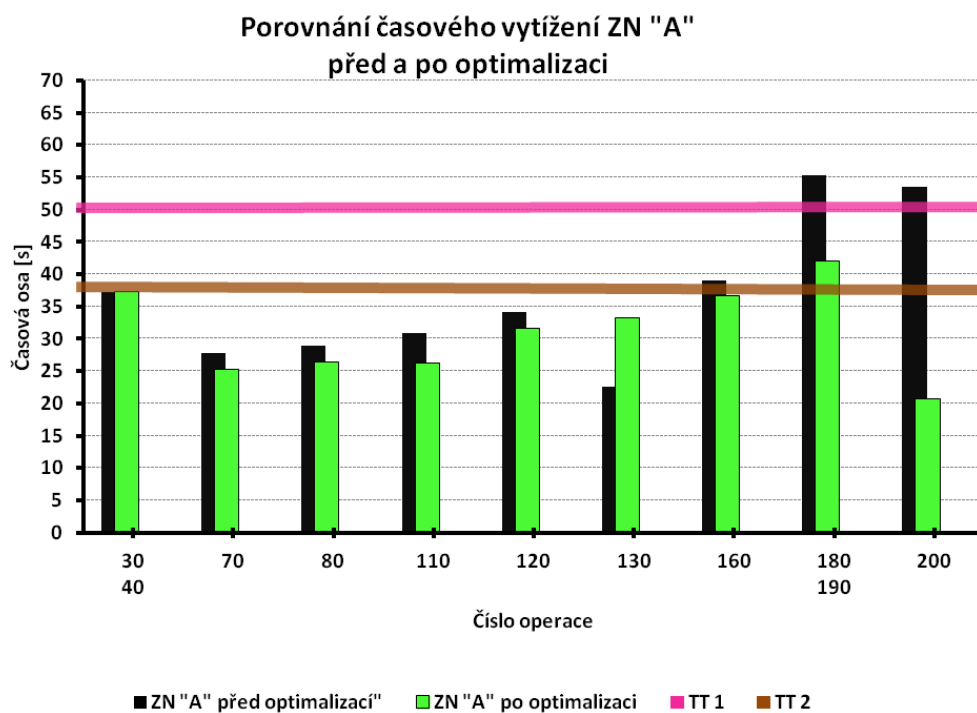
4. Trvalé obsazení operace č. 200 jedním z koordinátorů týmu

Po realizaci předchozího opatření by tak nejužším místem byla operace č. 200 s cyklovým časem 53,96 sekund. Na toto pracoviště je přidělen jen jeden OV. Velká časová vytíženost je způsobena především nutným přecházením kolem montážní linky na druhou stranu, čímž je spotřebováno 10 sekund.

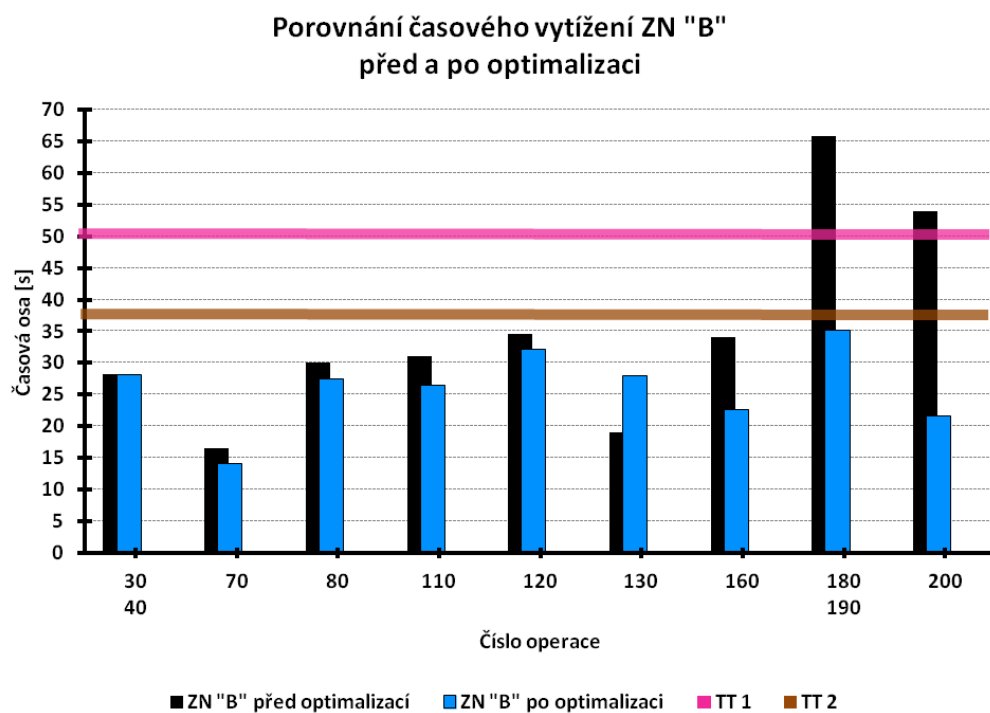
Aby mohl být dodržen čas taktu daný zákazníkem, bylo by možným řešením trvalé obsazení druhé strany linky jedním z koordinátorů týmu. Podle aktuálního typu nápravy by jeden z dvojice měl za úkol provést úkony s časovou náročností 22,35 sekund, konkrétně tedy odebrat štítek z tiskárny, vlepít ho na ZN a do MV, MV vložit do ZN a uvolnit ruční upínku ZN od MP. Druhý by svěsil ZN do PP a po jejím naplnění odebral závěsku z tiskárny a přichytil ji k PP, čímž by spotřeboval průměrně 21,6 sekund. Tím by odpadlo plýtvání ve formě zbytečného chození a zbylé úkony by byly rozděleny mezi dvě osoby.

2.7 Zhodnocení navržených opatření

Pokud bychom všechna opatření uvedená v předcházející kapitole zrealizovali, dosáhli bychom časových cyklů znázorněných v grafu 4 pro ZN „A“ zeleně a v grafu 5 pro ZN „B“ modře.



Graf 4: Porovnání časového vytížení ZN "A" před a po optimalizaci



Graf 5: Porovnání časového vytížení ZN "B" před a po optimalizaci

Nejužším místem byla v případě ZN „A“ i „B“ operace č. 180 – 190. Vytíženost pracoviště 180 u typu „A“ byla snížena přesunutím úkonu

spočívajícím v nasazení krytky proti nečistotám na operaci č. 30. U druhého typu nápravy byl časový cyklus zkrácen díky nárazové výpomoci koordinátorů týmu při nasazování krytky proti nečistotám. Ačkoli i přes tato opatření zůstává operace nadále nejužším místem, umožňuje vyrobít o 161 náprav za směnu více.

Dalším extrémně vytiženým pracovištěm byla operace č. 200. Z důvodu nutnosti řešit tuto situaci rychle a úsporně bylo navrženo doplnit stávajícího operátora výroby ještě jedním z koordinátorů týmu. Tím jsme časovou spotřebu celé operace snížili více než o polovinu, tedy z hodnoty 53,77 na 21,19 sekund.

Zbývající operace sice již splňovali zákazníkem určený čas taktu, a ani v budoucnu po zvýšení výroby na 720 kusů za směnu by nečinily problémy, ale přesto jsme se zaměřili na jejich další možnou optimalizaci.

Přesunutím jednoho úkonu z operace č. 160 na operaci č. 130 došlo k vyvážení jejich časových náročností.

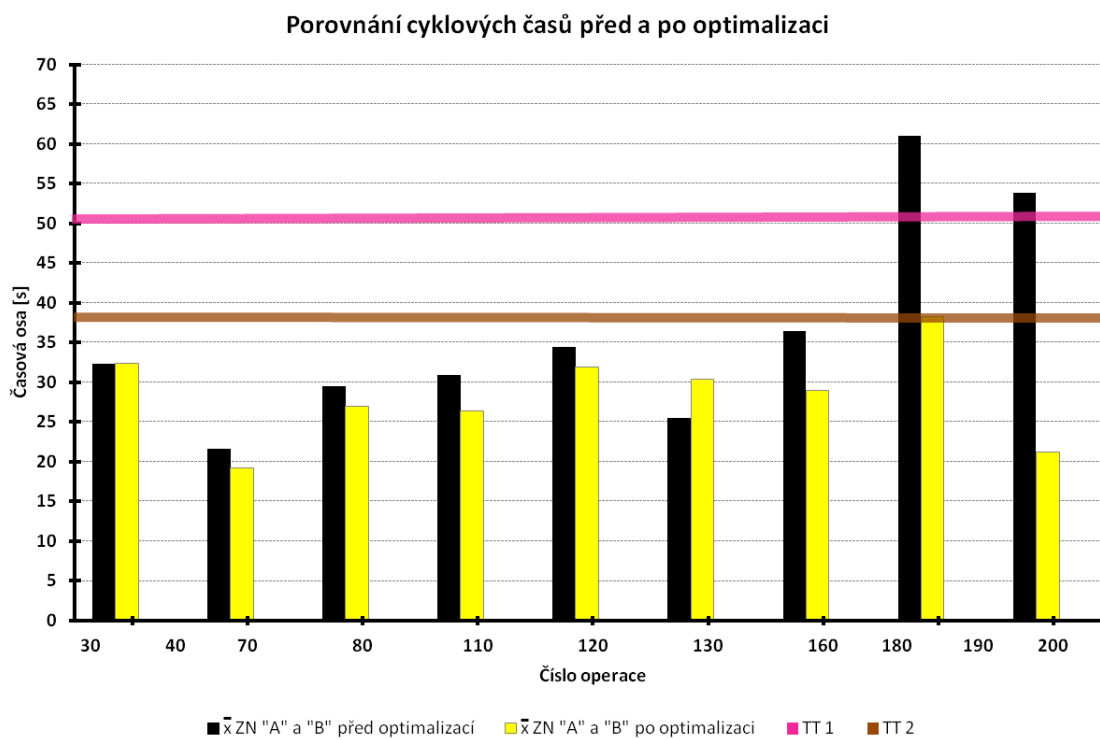
Po změně umístění montážního výlepu na montážní paletě jsou zkráceny operace č. 70, 80, 110, 120, 160 a 180 – 190 o 2,5 sekund.

Posledním zlepšením bylo nahrazení kelímku s tukem a štětečkem za mazací přítlačný lis. S jehož využíváním se ušetřily 2 sekundy na operaci č. 110.

Vzhledem k tomu, že montážní linka vyrábí zhruba o 20% více ZN „B“ nežli „A“ bylo k vytvoření grafu porovnávajícího časovou náročnost operací pro oba typy náprav dohromady počítáno váženým průměrem (\bar{x}), aby byl montážní mix zohledněn. Výsledné hodnoty byly zaneseny do grafu číslo 6.

Výpočet váženého průměru jednotlivých operací:

$$\bar{x} = \frac{(\emptyset \text{ čas operace xy ZN}''A'' \cdot 1) + (\emptyset \text{ čas operace xy ZN}''B'' \cdot 1,2)}{1,2 + 1} \quad [s]$$



Graf 6: Porovnání cyklových časů před a po optimalizaci

Jak z grafu vyplývá, po optimalizaci všechna pracoviště se svými časovými cykly splňují současný čas taktu 1 i čas taktu 2, který je plánován pro rok 2016.

ZÁVĚR

Předkládaná práce se zabývala analýzou a procesem zefektivnění výroby na montážní lince zadních náprav ve firmě ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav s cílem zvýšit její produktivitu.

Vlastní projekt byl zrealizován na základě diplomantského pobytu na zmíněném pracovišti. U všech operací, z kterých montážní linka sestává, byla zjišťována časová náročnost pomocí metody přímého měření, tzv. chronometráže. Provedením analýzy byla odhalena úzká místa vůči času taktu a nepoměry mezi časovým vytížením jednotlivých operací. Tyto skutečnosti byly nejprve řešeny přesunem některých úkonů na méně vytížená pracoviště s ohledem na montážní tok a zástavbový prostor.

Dalších zlepšení bylo dosaženo pomocí čtyř jiných opatření. Nejužší místo celé sestavy bylo zoptimalizováno přesunutím jednoho z úkonů na méně náročné stanoviště a nařízením koordinátorům týmu vypomoci při neobvyklých zakázkách. Trvalou výpomocí jednoho z koordinátorů týmu byla časová spotřeba druhého nejužšího pracoviště snížena o 32,58 sekund, tedy o více než polovinu. Dále byly na šesti operacích zkráceny časové cykly o 2,5 sekundy díky přemístění montážního výlepu. Posledním opatřením, které nahradilo kelímek s tukem a štětečkem mazacím přítlačným lisem, byly ušetřeny další 2 sekundy na jednom z pracovišť.

Zavedením všech navržených opatření dosáhneme takového zlepšení produktivity práce, které v případě nulového pochybení během montáže bude postačovat i při plánovaném navýšení výroby v roce 2016. Můžeme tedy konstatovat, že v rámci předkládané bakalářské práce bylo stanoveného cíle dosaženo, přičemž jejím hlavním praktickým přínosem je omezení plýtvání a celkové vybalancování linky.

V případě navázání na tuto práci by bylo vhodné přímé měření nahradit některým ze systémů předem stanovených časů, například MTM nebo Basic MOST. Hodnotili bychom tak skutečnou náročnost operace, nikoli výkonnost pracovníka a zároveň bychom prověřili postup práce, čímž by bylo snadněji odhaleno plýtvání.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9.

[2] Štíhlá výroba. *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2012 [cit. 2014-06-02]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67819.stihla-vyroba/>

[3] DLABAČ, Jaroslav. Štíhlá výroba: používané metody a nástroje. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2011 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70487.stihla-vyroba-8211-pouzivane-metody-a-nastroje/>

[4] BEJČKOVÁ, Jana. Metoda 5S: základní kámen štíhlé výroby. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2009 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/69253.metoda-5s-8211-zakladni-kamen-stihle-vyroby/>

[5] STÖHR, Tomáš. TPM: Total Productive Maintenance. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2012 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70766.tpm-total-productive-maintenance-/>

[6] DEBNÁR, Peter. TPM jako efektivní výrobní systém. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2012 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70929.tpm-jako-efektivni-vyrobni-system/>

[7] Poka-yoke. *Process quality management* [online]. 2013 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://www.pqm.cz/nvcss/pyokecs.html>

[8] MACHALOVÁ, Veronika. Rozhovor s Peterem Debnárem: Štíhlý výrobní tok - základ efektivní výroby. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2009 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/69277.rozhovor-s-peterem-debnarem-8211-stihly-vyrobni-tok-8211-zaklad-efektivni-vyroby>

[9] DMAIC: proces zlepšování podle SixSigma. *PDQM: Méně práce s řízením* [online]. 2014 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://www.pdqm.cz/Standards/DMAIC.html>

[10] VAVRUŠKA, Jan. *DMAIC* [online prezentace]. Liberec : Katedra výrobních systémů, Technická univerzita v Liberci, [cit. 2014-03-01]. Dostupný z: http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY_II/VY_03_39-DMAIC,Definuj,M%C4%9B%C5%99,Analyzuj,Inovuj,Kontroluj_MZ_6.pdf

[11] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. In: *Academy of Productivity and Innovations* [online]. 2012 [cit. 2014-07-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70803.analyza-a-mereni-prace/>

[12] VAVRUŠKA, Jan. *Analýza a měření práce: systémy předem určených časů* [online prezentace]. Liberec : Katedra výrobních systémů, Technická univerzita v Liberci, [cit. 2014-03-01]. Dostupný z: http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY_II/2011_IV_26_VSY2_P%C5%99+Cv3%20Vavru%C5%A1ka%20Syst%C3%A9my%20p%C5%99edem%20ur%C4%8Den%C3%BDch%20%C4%8Das%C5%AF%20Basic%20MOST_MZ_2.pdf

[13] SIXTA, Josef. *Logistika: teorie a praxe*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, 315 s. ISBN 80-251-0573-3.

[14] VAVRUŠKA, Jan. *Lean Six Sigma* [online prezentace]. Liberec : Katedra výrobních systémů, Technická univerzita v Liberci, [cit. 2014-03-01]. Dostupný z: <http://www.kvs.tul.cz/getFile/id:14837/SixSigma%20-%20%C3%A9vod.pdf>

[15] Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Ukázka systému Basic MOST [11].....</i>	<i>21</i>
<i>Tabulka 2: Lisování pružných lůžek ZN "A"</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 3: Příprava ZN "A" k montáži</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 4: Příprava ZN "B" k montáži</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 5: Montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "A"</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 6: Montáž štítu brzdy a čepu kola ZN "B"</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 7: Lisování ložiska kola ZN "A"</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 8: Nasazení ložiska ZN "B"</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 9: Montáž konzoly ZN "A"</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 10: Montáž konzoly ZN "B"</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 11: Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "A"</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 12: Montáž senzoru ABS a brzd. kotouče ZN "B"</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 13: Montáž brzdového třmenu ZN "A"</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 14: Montáž brzdového třmenu ZN "B"</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 15: Montáž brzdového bubnu a lana ZN "A"</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 16: Montáž brzdového lana ruční brzdy ZN "B"</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 17: Montáž brzdového tlakového vedení ZN "A"</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 18: Montáž brzdového tlakového vedení ZN "B"</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 19: Krytka proti nečistotám ZN "A", fixování brzd. lan</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 20: Krytka proti nečistotám ZN "B"</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 21: Kontrolní stanoviště ZN "A"</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 22: Kontrolní stanoviště ZN "B"</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 23: Načtení a svěšení ZN "A"</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 24: Načtení a svěšení ZN "B"</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 25: Návrh na přesun úkonu z operace 40 ZN "A"</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 26: Návrh na přesun úkonu z operace 180 ZN "A"</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 27: Návrh na přesun úkonu z operace 160 ZN "B"</i>	<i>45</i>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Srovnání přístupů Lean, Six Sigma a TOC [8]</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 2: Layout linky se znázorněním operací obsluhovaných operátory výroby [15]</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 3: Lisovací stroj pružných lůžek [15]</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 4: Taktovací dopravník nápravnice typu "A" [15]</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 5: Montážní paleta [15]</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 6: Automatická stanice utažení čepu kola, čtyř-vřeténka [15]</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 7: Montáž konzoly ložiska [15]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 8: Návrh na přesun montážního výlepu [15]</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 9: Mazací přítlačný lis [15]</i>	<i>47</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1: Vytížení jednotlivých operací před optimalizací</i>	<i>41</i>
<i>Graf 2: Taktovací graf jednotlivých operací ZN "A"</i>	<i>43</i>
<i>Graf 3: Taktovací graf jednotlivých operací ZN "B"</i>	<i>43</i>
<i>Graf 4: Porovnání časového vytížení ZN "A" před a po optimalizaci</i>	<i>49</i>
<i>Graf 5: Porovnání časového vytížení ZN "B" před a po optimalizaci</i>	<i>49</i>
<i>Graf 6: Porovnání cyklových časů před a po optimalizaci</i>	<i>51</i>